FACULTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE BORDEAUX

ANNÉE 1891-92 N° 65

MÉCANISME DU SYSTÈME NERVEUX

STRUCTURE ANATOMIQUE ET NATURE

DES

INDIVIDUALITÉS DU SYSTÈME NERVEUX

(ANSES RÉFLEXES PHYSIO-PSYCHIQUES)

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 JUILLET 1892

PAR

Charles MORIN

ANCIEN MÉDECIN DE LA MARINE

Né à Mornac (Charente-Inférieure), le 12 janvier 1860.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. BOUCHARD,	professeur,	*président,*
PITRES,	professeur,	*juges.*
VILLAR,	agrégé,	
RONDOT,	agrégé,	

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

BORDEAUX
Imprimerie Vve Cadoret
17 — RUE MONTMÉJAN — 17

1892

FACULTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE BORDEAUX

ANNÉE 1891-92 N° 65

MÉCANISME DU SYSTÈME NERVEUX

STRUCTURE ANATOMIQUE ET NATURE

DES

INDIVIDUALITÉS DU SYSTÈME NERVEUX

(ANSES RÉFLEXES PHYSIO-PSYCHIQUES)

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 JUILLET 1892

PAR

Charles MORIN

ANCIEN MÉDECIN DE LA MARINE

Né à Mornac (Charente-Inférieure), le 12 janvier 1860.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. BOUCHARD,	professeur,	*président,*
PITRES,	professeur,	*juges.*
VILLAR,	agrégé,	
RONDOT,	agrégé,	

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

BORDEAUX
Imprimerie Vve Cadoret
17 — RUE MONTMEJAN — 17

1892

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. PITRES..... Doyen.

PROFESSEURS :

MM. MICE..... } Professeurs honoraires.
MERGET..... }

Clinique médicale	MM. PICOT.
	PITRES.
Clinique chirurgicale	DEMONS.
	LANELONGUE.
Pathologie interne	DUPUY.
Pathologie externe	AZAM.
Pathologie et thérapeutique générales	VERGELY.
Thérapeutique	N.
Médecine opératoire	MASSE.
Clinique obstétricale	MOUSSOUS.
Anatomie pathologique	COYNE.
Anatomie	BOUCHARD.
Histologie et Anatomie générale	VIAULT.
Physiologie	JOLYET.
Hygiène	LAYET.
Médecine légale	MORACHE.
Physique	BERGONIÉ.
Chimie	BLAREZ.
Histoire naturelle	GUILLAUD.
Pharmacie	FIGUIER.
Matière médicale	PERRENS.
Médecine expérimentale	FERRÉ Ch^{e}.
Clinique ophtalmologique	BADAL.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

SECTION DE MÉDECINE

Pathologie interne et Médecine légale	ARNOZAN.
	RONDOT.
	MOUSSOUS.
	DUBREUILH.
	MESNARD.

SECTION DE CHIRURGIE ET ACCOUCHEMENTS

Pathologie externe	PIECHAUD.
	LAGRANGE.
	POUSSON.
	DENUCE.
	VILLAR.
Accouchements	RIVIÈRE.

SECTION DES SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Anatomie et Physiologie. MM. BOURSIER. FERRÉ. | Histoire naturelle.. M. DE NABIAS.

SECTION DES SCIENCES PHYSIQUES

Physique	MM. N.
Chimie et Toxicologie	DENIGES.
Pharmacie	BARTHE.

COURS COMPLÉMENTAIRES

Clin. interne des enfants	MM. A. MOUSSOUS	Mal. du larynx, des oreilles et du nez.	MM. MOURE.
Clin. chir. des enfants.	PIECHAUD.	Maladies mentales....	N.
Clin. des mal. syphil. et cutan...	ARNOZAN.	Accouchements.....	RIVIERE.
Clin. des mal. des femmes.	BOURSIER.	Chimie.....	DENIGÈS.
Clin. des mal. des voies urin....	POUSSON.	Physique.....	SIGALAS.

Le Secrétaire de la Faculté, LEMAIRE.

« Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les « Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs « et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation. »

A mon Ami,

MONSIEUR PAUL MEUNIER

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

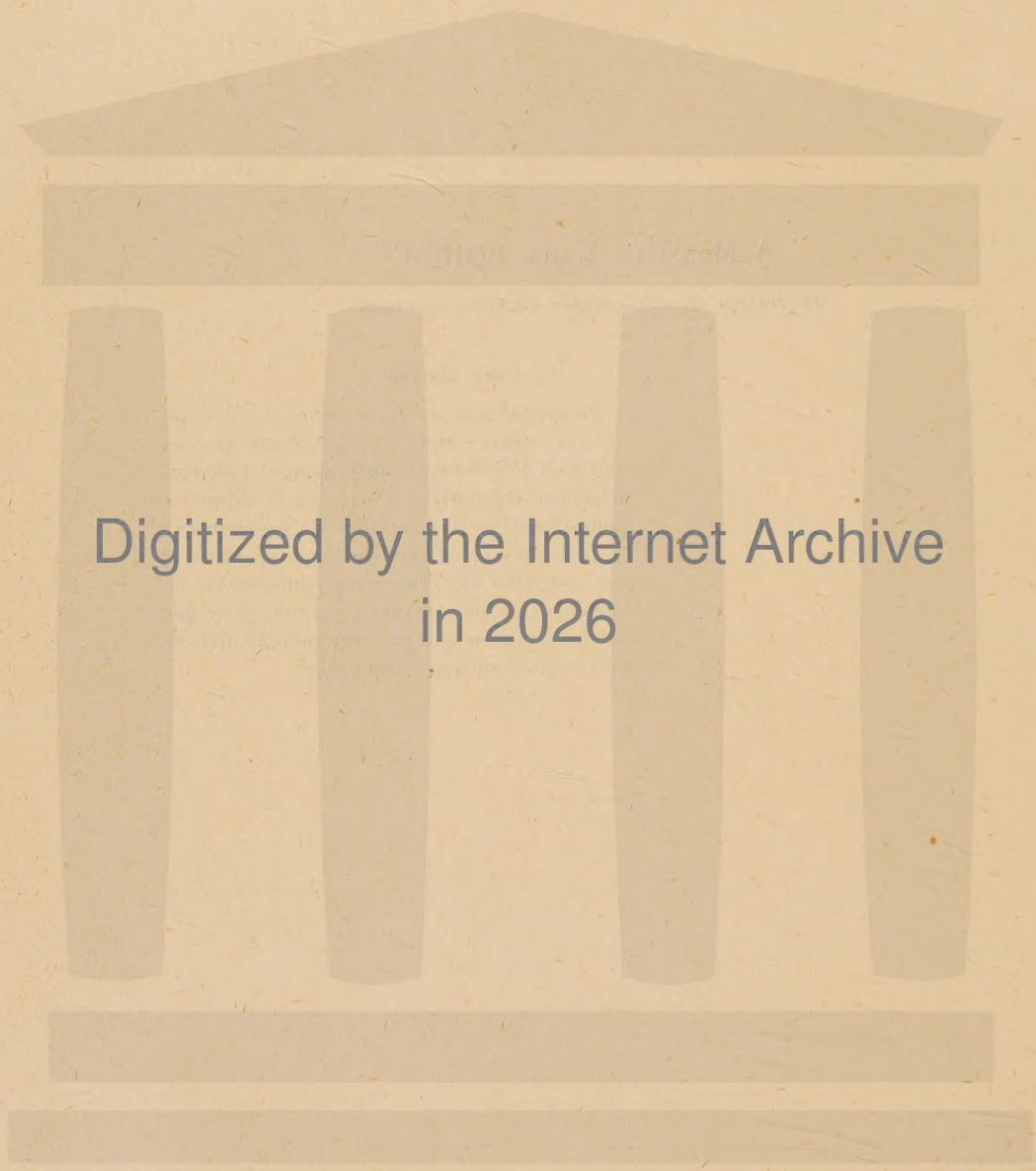
A Monsieur Émile BOIRAC

Professeur de Philosophie au Lycée Condorcet.

Cher Maitre,

Permettez-moi de vous dédier, à vous qui m'avez appris à aimer la psychologie, ce travail fruit de mes études anatomiques et physiologiques entreprises, vous vous le rappelez, pour compléter mes notions de psychologie.

Cette œuvre de début est bien imparfaite, il est vrai, mais elle représente suffisamment de labeur et de persévérance, je crois, pour que son hommage ne soit pas trop indigne du brillant professeur qui en est l'objet.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549625_0039

A mon Président de Thèse

MONSIEUR LE DOCTEUR BOUCHARD

Professeur d'Anatomie à la Faculté de Médecine de Bordeaux,
Officier de la Légion d'honneur.

A MONSIEUR LE DOCTEUR JOLYET

Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Bordeaux,
Officier de l'Instruction publique.

AVANT-PROPOS

Persuadé que notre système psychique est un mécanisme de mouvements psychiques tous de même nature (sensations et pensées), que la *matérialité* des mouvements extérieurs est simplement leur *objectivité,* qui est constituée elle-même par des mouvements de notre propre mécanisme psychique, et que, par conséquent, comme l'enseigne Lewes, les mouvements de notre système psychique, considérés *objectivement,* doivent fatalement avoir l'aspect *matériel;* que *l'objectivité ou la matérialité* des mouvements extérieurs, y compris les mouvements psychiques extérieurs analogues au nôtre, étant identiques pour tous ces mouvements, ou que les choses étant composées de mêmes *éléments matériels,* il y avait lieu de croire que : 1° tous les mouvements qui constituent le mécanisme des choses sont de même nature, correspondent à des éléments semblables, psychiques; 2° que les choses ont deux faces parallèles, l'une subjective, psychique; l'autre, objective, matérielle; je pensai, que l'on pouvait étudier objectivement notre mécanisme psychique, suivre, avec le scalpel et le microscope, sa forme objective, matérielle, et, par suite, préciser nettement ce mécanisme et ses rapports avec les mouvements extérieurs.

Je me livrai alors aux études médicales pour tâcher de saisir la forme objective de nos phénomènes psychiques.

Le travail que je présente pour thèse inaugurale, que je suis forcé, par les circonstances, de présenter bien écourté et bien

imparfait, est donc le résultat de patientes études et de méditations poursuivies sans relâche depuis plus de douze ans. J'ai tout sacrifié à ces études : plaisirs, avoir, position. Abandonné complètement, en dernier lieu, par mes parents, sans ressources, j'aurais peut-être fini par succomber si, spontanément, un ami, M. l'ingénieur Meunier, à qui je suis heureux d'adresser publiquement l'hommage de ma profonde reconnaissance, ne m'avait tendu généreusement la main.

Malgré la lutte pénible que j'ai eu à soutenir, je ne regarderai pas le passé avec amertume, si je puis contribuer, dans mes faibles moyens, à jeter un peu de lumière sur la constitution des choses, et mon seul désir est de pouvoir continuer les travaux qu'inaugure cette thèse.

En terminant cette préface, je remercierai vivement, pour les encouragements qu'il a bien voulu me donner, M. Ch. Féré, dont le beau livre *Sensation et Mouvement* est un des ouvrages qui ont le plus inspiré mon travail.

Je prierai M. le professeur Bouchard de vouloir bien agréer l'hommage de ma profonde gratitude pour son accueil affable, ses conseils et son appui.

Enfin, je saurai toujours également gré de leur extrême bienveillance à MM. les professeurs Pitres et Jolyet.

STRUCTURE ANATOMIQUE ET NATURE

DES

INDIVIDUALITÉS DU SYSTÈME NERVEUX

(Anses réflexes physio-psychiques)

CHAPITRE PREMIER

LES INDIVIDUALITÉS DU SYSTÈME NERVEUX S'ÉTENDENT DEPUIS LA PÉRIPHÉRIE DU CORPS JUSQU'AU CANAL VERTÉBRAL

L'individualité du système nerveux est l'élément nerveux qui correspond à une impression périphérique locale distincte.

Par conséquent, soit que l'on admette que la sensibilité ou la conscience appartient uniquement aux centres nerveux, soit que l'on admette, au contraire, que les centres nerveux sont constitués par les individualités nerveuses périphériques prolongées et traversant, comme nous le montrerons, le canal vertébral pour aller former les muscles — dans ce cas, l'individualité nerveuse peut être appelée sensible, ou psychique,

ou mieux encore physio-psychique (1), mot indiquant l'objectivité (matérialité) et la subjectivité (sensibilité) de cette individualité — il est nécessaire, pour que les impressions périphériques locales demeurent distinctes, ne soient pas confondues, que les individualités nerveuses soient continues, demeurent toujours distinctes depuis la périphérie du corps jusqu'aux centres nerveux.

Donc, de tous les points de la périphérie, de tous les points pouvant être le siège d'une impression périphérique locale distincte, doivent partir des éléments nerveux extrêmement déliés, microscopiques, qui, demeurant toujours distincts et intacts, se prolongent jusque dans le canal vertébral.

En effet, nées innombrables de divers points de la périphérie du corps, extrêmement minces, des fibrilles nerveuses se rassemblent en petits faisceaux, cylindres-axes, qui se réunissent à leur tour pour former des filets nerveux; puis, ces filets nerveux se groupent en faisceaux de plus en plus gros, par suite de l'apport de nouveaux filets nerveux, et forment les nerfs qui convergent vers le canal vertébral en constituant un nombre relativement très restreint de paires de gros troncs nerveux (droits et gauches — trente et un pour la colonne vertébrale).

Ces fibrilles, à cause de leur ténuité extrême, ne peuvent être suivies de visu sur un long parcours; mais en raison de l'origine distincte de chaque fibrille (p. 714, Ranvier) (2), de la réunion des fibrilles en faisceaux de plus en plus gros par l'apport de nouveaux faisceaux fibrillaires, de la continuité

---

(1) J'emploie, malgré son incorrection, le terme physio-psychique, parce que physio n'exprime pas, comme physico ou physiologico, un état spécial de la matière. Au reste, on dit psycho-physiologique et psycho-physique et non psychico-physique, psychico-physiologique.

(2) Ranvier, Traité technique d'histologie.

physiologique nécessaire que nous venons d'indiquer, on doit considérer les fibrilles nerveuses comme étant les individualités nerveuses prolongées depuis la périphérie jusqu'aux centres nerveux.

Cette notion de l'individualité fibrillaire nerveuse á été émise depuis quelques années déjà et rendue pour ainsi dire classique par M. Ranvier, dans son Traité technique d'histologie (p. 710), et par M. Nuel dans ses Éléments de physiologie (2e partie, p. 237) (1).

Mais la périphérie du corps est constituée par un tégument composé de globules microscopiques, de cellules épithéliales pressées les unes contre les autres comme les pierres d'une mosaïque et étagées en plusieurs couches.

Ce sont ces cellules qui reçoivent et transmettent les impressions du monde extérieur aux individualités fibrillaires nerveuses : donc aux impressions périphériques locales distinctes doivent correspondre, dans les cellules épithéliales les plus phériphériques, des éléments distincts, très déliés, microscopiques, en continuité parfaite avec les individualités fibrillaires nerveuses.

Nés à la surface même de contact avec le monde extérieur, dans les cellules les plus périphériques, ces éléments doivent passer de cellules en cellules jusqu'à ce qu'ils aient atteint leurs fibrilles nerveuses respectives avec lesquelles ils se continuent.

Ils doivent donc être constitués par des individualités fibrillaires se continuant avec les individualités fibrillaires nerveuses.

Ces individualités fibrillaires, passant de cellules en cellules,

---

(1) Eléments de physiologie humaine, 2e partie, par J.-P. Nuel. — Masson, édit., 1889.

sont communes à ces cellules : elles sont donc formées par les individualités cellulaires fusionnées : les cellules épithéliales doivent donc perdre leur autonomie aux dépens des cellules épithéliales les plus périphériques, dont les individualités se prolongent, pour ainsi dire, dans les individualités des cellules sous-jacentes et contiguës.

Ainsi, les fibrilles qui continuent les fibrilles périphériques doivent être considérées comme les prolongements de ces dernières. Et les individualités nerveuses elles-mêmes sont les prolongements des individualités épithéliales périphériques, ou commencent à la surface même du corps.

Nous montrerons que les cellules isolées sont de petits centres radiaires d'individualités sensibles. Par suite, les individualités des cellules associées, se fusionnant, se prolongeant, il est de toute évidence que leur centre (noyau) ne devient plus qu'un lieu d'entrecroisement d'autant plus accentué que les individualités sont plus nombreuses et que les rapports de continuité entre les cellules voisines sont plus variés. C'est ainsi que le noyau cellulaire sera d'autant plus volumineux que les prolongements cellulaires seront plus nombreux et plus épars, dans les cellules nerveuses des centres, par exemple. Au contraire, les noyaux disparaîtront lorsque les fibrilles en continuité auront toutes une direction unique : elles se rassembleront alors en faisceaux comme dans les cylindres axes.

On voit que la fusion des individualités cellulaires a pour résultat d'effacer la forme cellulaire primitive, et que les cellules d'un tissu représentent des formes anciennes qui tendent à disparaître.

Du reste, à son origine, tout animal complexe est constitué par une agglomération de cellules semblables dites embryonnaires. Et d'après le mode d'accroissement ou de multiplication de ces cellules, on peut prévoir dans quel sens et jusqu'où

s'étendront les individualités cellulaires fusionnées, les nouvelles formes qu'elles prendront.

Nous verrons qu'au début de son développement tout animal complexe est composé de deux tissus distincts, constitués par deux groupes de cellules se multipliant mécaniquement sur chaque face d'un premier plan de segmentation d'une cellule première, de chaque côté de deux plans perpendiculaires entre eux et au premier, et à partir du point d'intersection de ces trois plans. Nous verrons ces deux tissus s'accroître inégalement, l'un, l'ectoderme ou l'épithélium externe, enveloppant l'autre, l'endoderme ou l'épithélium interne, former une sorte de cylindre creux dont les deux faces, interne et externe, sont représentées par les deux épithéliums. Nous verrons les deux épithéliums parallèles se replier sur eux-mêmes et produire ainsi deux nouveaux feuillets placés entre les deux premiers qu'ils prolongent. Nous verrons ainsi que les individualités des cellules embryonnaires de la surface, se continuant avec celles des cellules sous-jacentes et contiguës, s'allongent sous les surfaces pour, à un moment donné, se recourber et revenir à la périphérie par un chemin inverse de celui qu'elles ont suivi précédemment. Ainsi l'embryologie nous indiquera que les individualités nerveuses, parties de la surface même du corps, vont former les centres nerveux au niveau du coude des épithéliums, puis reviennent, sous le nom de nerfs moteurs, vers la périphérie pour former les muscles.

Vérifions maintenant la fusion des individualités des cellules épithéliales entre elles et avec les fibrilles nerveuses.

La périphérie du corps est occupée, avons-nous dit, par plusieurs couches superposées de cellules épithéliales.

Les cellules les plus profondes ont une forme prismatique ou cylindrique; au-dessus, elles deviennent de moins en moins allongées; elles sont polyédriques. Dans la peau, celles qui

s'approchent de la surface s'aplatissent, meurent, et, réduites en lames minces et soudées les unes aux autres, forment comme une enveloppe protectrice aux cellules profondes.

Tout à fait à la surface, elles s'imbibent de matières grasses, leur union se relâche et elles tombent dans le monde extérieur, soit isolées, soit groupées sous la forme de petites écailles.

Dans l'épithélium antérieur de la cornée, la couche des cellules mortes est très mince.

Les cellules les plus grosses, à structure la mieux déterminée, et qui semblent les plus importantes, sont les plus profondes. Elles sont en général cylindriques. Il est à remarquer qu'elles sont tournées en dedans comme pour recevoir seulement les impressions transmises.

Ainsi, dans la rétine, les cellules profondes regardent en dedans la membrane choroïde qui, elle, absorbe les rayons lumineux directement et sert d'écran aux cellules rétiniennes.

De même les cellules profondes de l'épiderme (corps muqueux de Malpighi), et les cellules profondes de l'épithélium antérieur de la cornée dirigent leurs prolongements libres ou leurs stries en dedans, vers les tissus sous-jacents qui leur renvoient ainsi les chocs du monde extérieur. De telle sorte que, comme nous regardons en somme notre choroïde, de même nous touchons nos propres tissus.

De même, dans l'oreille, ce sont les vibrations de l'endolymphe qui baigne le labyrinthe membraneux que nous entendons.

Les cellules du goût et celles de l'odorat, au contraire, sont directement en contact avec le monde extérieur.

Nous disons que ce sont les cellules profondes de l'épiderme ou de l'épithélium antérieur de la cornée qui touchent, comme ce sont les cellules profondes de la rétine qui voient.

En effet, lorsqu'il y a pression sur la peau ou sur la cornée,

ce ne sont pas les cellules superficielles mortes qui sont impressionnées, mais tout l'épiderme ou tout l'épithélium antérieur de la cornée étant pressés sur les tissus sous-jacents, ce sont les cellules immédiatement en contact avec ces tissus qui sont le plus impressionnées, qui reçoivent les chocs. Au reste, nous l'avons déjà dit, elles sont les plus développées : elles ont des prolongements libres ou des stries perpendiculaires aux tissus profonds (p. 870 et 884 Ranvier).

Si nous poursuivons l'analogie de ces trois épithéliums, cornéen, épidermique et rétinien, nous remarquerons que les fibres nerveuses ne gagnent pas directement les cellules profondes bien qu'elles mêmes viennent des parties profondes (*fig.* 6, 7, 8 et 9).

Elles traversent presque toute l'épaisseur de l'épithélium, arrivent près de la surface, sous les cellules mortes ou en voie de régression (couche superficielle de l'épithélium cornéen, stratum granulosum de l'épiderme); elles s'arrêtent sous ces cellules, se recourbent et gagnent alors les cellules profondes non directement mais par l'intermédiaire des cellules qui sont au-dessus de celles-ci et qui ne servent, par suite, que de lieu de passage aux fibres nerveuses.

Nous nous expliquons :

Dans la rétine, les fibres nerveuses arrivent à la surface et atteignent alors, en premier lieu, les cellules les plus superficielles, les cellules multipolaires qui sont dans le prolongement les unes des autres, puis, passant de plexus en plexus ou de cellules en cellules, elles atteignent les cellules profondes, bâtonnets ou cônes où elles se terminent.

Dans le corps muqueux de Malpighi, et dans l'épithélium antérieur de la cornée, les fibres nerveuses traversent les couches profondes, comme dans la rétine, et arrivées à la surface, sous le stratum granulosum dont les cellules, en voie de régres-

sion, servent uniquement de feuillet protecteur, ou, sous les minces lamelles protectrices de la cornée, elles se recourbent et, là, disparaissent. M. Ranvier dit qu'elles se terminent par des boutons. De fait, sur les préparations de l'éminent histologiste, les fibres nerveuses sont altérées par les réactifs ou même simplement par la mort, et alors elles se segmentent en grains, en chapelets, ou bien — rompues — leur partie terminale se rétracte et forme une sorte de boule ou de bouton. C'est, du reste, ce qui se passe toujours, lorsque l'on traite les extrémités nerveuses par des réactifs puissants comme l'acide formique et le chlorure d'or. Les fibres se rétractent, se boudinent ou forment des grains, ou bien l'extrémité de la fibrille brisée se renfle en boule ou en bouton ; souvent même une pointe termine cette boule. Toutes les préparations des terminaisons nerveuses dans les muscles striés, faites avec l'acide formique et le chlorure d'or, même avec le jus de citron, présentent ces altérations.

On ne peut donc pas conclure, des préparations de M. Ranvier, que les fibres nerveuses, soit de la cornée, soit de la peau, se terminent par des boutons sous les cellules superficielles.

Ce qu'il y a de certain, c'est que les cellules du corps muqueux de Malpighi, comme les cellules multipolaires de la rétine, communiquent toutes les unes avec les autres (p. 884, Ranvier), et qu'elles sont nettement fibrillaires (p. 883, Ranvier) (*fig.* 10 et 13). Par suite, les fibrilles remarquées dans ces cellules passent de cellule en cellule et n'appartiennent pas à l'une ou l'autre de ces cellules en particulier. Par suite, ces fibrilles commencent dans les dents libres des cellules profondes, et gagnent les cellules situées au-dessus, jusqu'aux cellules les plus superficielles où précisément naissent les fibrilles nerveuses. Ici donc il y a, d'une part, des fibrilles afférentes venues des cellules profondes, et, d'autre part, des fibrilles

efférentes, fibrilles nerveuses, qui se recourbent et, se réunissant en faisceaux, gagnent les parties profondes qu'elles ne font que traverser pour joindre le plexus nerveux situé à la base de l'épiderme. Il est donc fort probable que les deux sortes de fibrilles se continuent et que, avec un mode opératoire d'histologie meilleur, on pourra saisir cette continuité physiologiquement nécessaire.

D'un autre côté, la continuité entre les fibrilles nerveuses et les cellules périphériques se saisit bien en ce qui concerne les bâtonnets et les cônes rétiniens, les cellules gustatives, olfactives et auditives (*fig.* 1, 2, 3, 4, 5).

Or, puisque les fibrilles nerveuses pénètrent ici les cellules, comme il s'agit, pour toutes les terminaisons nerveuses dans l'épithélium, de fibrilles de même nature et ayant des fonctions analogues, on ne voit pas pourquoi une telle différence de rapport entre fibrilles nerveuses et cellules existerait pour certaines cellules de l'épithélium. Il nous semble plus logique de déduire de la continuité de certaines cellules épithéliales avec les fibres nerveuses la continuité des autres cellules épithéliales avec les autres fibres nerveuses que d'admettre une exception si énorme pour ces dernières. Au reste, on sait la solidarité étroite qui unit les épithéliums aux fibres sensibles et qu'il suffit de détruire celles-ci pour amener la mort rapide de ceux-là.

Pour la cornée, M. Ranvier n'a pas signalé de communications entre les cellules de l'épithélium. Cependant, il y distingue des dépressions séparées par des crêtes plus ou moins hautes, une sorte de dentelure marginale qui correspondrait bien plutôt à des communications entre les cellules qu'à des modifications de forme dues simplement à la pression des cellules les unes contre les autres. Cette manière de voir est confirmée par les études de M. Prenant sur l'épithélium cornéen posté-

rieur ou sur la membrane de Descemet. Cet auteur a montré, en effet (*fig.* 11), que les cellules épithéliales de la membrane de Descemet sont reliées entre elles par des anastomoses semblables à celles que M. Ranvier a signalées entre les cellules du corps muqueux de Malpighi. Et il arrive à tirer de ces anastomoses un caractère principal des épithéliums (1).

En outre des cellules profondes de l'épiderme qui sont impressionnées par le derme, se trouvent dans ce même derme, décidément vrai milieu tactile, des organes spéciaux où se terminent des fibres nerveuses, et appelés disques tactiles, corpuscules du tact, etc.

Nous ferons remarquer d'abord que ces organes, notamment les corpuscules du tact, ne sont pas les organes spéciaux du tact, attendu que, s'ils se trouvent en grand nombre dans les papilles du derme de la phalangette des doigts, ils ne se trouvent plus que dans certaines autres parties du corps seulement; or, toutes les parties de la surface du corps ont la fonction du tact.

Ces organes spéciaux ont tous des cellules spéciales en rapport avec les fibres nerveuses.

Ainsi le corpuscule du tact du bec de canard comprend une fibre nerveuse venant s'étaler entre deux cellules. Ces deux cellules sont volumineuses, et la fibre qui les aborde est assez grosse. Il semblerait donc qu'ici on dût bien saisir les rapports entre la fibre nerveuse et les cellules. Nous devrions constater d'abord que la fibre nerveuse est constituée par des fibrilles étalées entre les deux cellules, ensuite que les cellules elles-mêmes sont contituées par des fibrilles dirigées de la partie convexe périphérique vers la face plane interne où

(1) Sur la morphologie des épithéliums ; membrane épithéliale de Descemet, par A. Prenant. (*Journ. de l'anat. et de la physiol.*, juillet 1866.)

se trouvent étalées les fibrilles du filet nerveux. C'est ce qui existe (*fig.* 12). Mais on ne voit pas les fibrilles cellulaires se continuer avec les fibrilles du filet nerveux bien qu'elles convergent toutes vers celui-ci. Cela tient probablement à ce que les fibrilles sont rompues par les réactifs fixateurs et durcisseurs au point de leur sortie des cellules (voir plus loin le rapport des fibrilles avec le noyau).

Merkel (cité par M. Ranvier, p. 910) a bien compris ce rapport entre les fibrilles de la cellule du corpuscule du tact et les fibrilles nerveuses. Quant à M. Ranvier, qui ne veut voir dans les terminaisons nerveuses que des boutons, il est loin d'expliquer la présence et la disposition de ces fibrilles cellulaires.

En résumé, l'épithélium externe est constitué par des cellules au milieu desquelles prennent naissance les fibres nerveuses sensibles.

La continuité entre les fibres nerveuses et les cellules est indubitable pour les cellules de la rétine, celles du goût, de l'odorat et de l'ouïe (épithélium sensoriel). Pour cette raison d'abord, elle doit l'être aussi pour les cellules du corps muqueux de l'épiderme, pour les cellules de l'épithélium cornéen, car il s'agit toujours de cellules épithéliales et de fibres sensibles ayant des fonctions analogues. Nous avons indiqué, du reste, les points de ressemblance entre la structure et la disposition des cellules profondes de la peau et de l'épithélium cornéen et celles des cellules sensorielles. Toutes ces cellules sont cylindriques et possèdent soit des stries perpendiculaires, soit des prolongements libres et nombreux dirigés tous vers les parties profondes. De plus, les cellules sont anastomosées les unes avec les autres et fibrillaires, et elles reçoivent les fibres nerveuses dans les couches superficielles, ce qui fait de ces cellules comme des plexus dont les fibrilles gagnent peu à peu les cellules profondes.

Ainsi, dans la rétine, les fibres nerveuses pénètrent dans les cellules superficielles multipolaires qui communiquent les unes avec les autres et irradient les fibrilles dans le plexus situé au-dessous; de là, les fibrilles traversent des cellules bipolaires dont un pôle reçoit les fibrilles du plexus sus-jacent et dont l'autre rejette ces fibrilles dans un dernier plexus situé au-dessus des cônes et des bâtonnets, cellules les plus profondes où enfin se terminent les fibrilles (*fig.* 6).

Entre les deux couches de cellules intermédiaires aux fibres nerveuses et aux cellules profondes de la rétine se trouvent des cellules unipolaires puisant leurs fibrilles dans le plexus sous-jacent; il est probable que ces cellules se comportent comme les cellules unipolaires des ganglions spinaux par lesquelles passent les fibrilles nerveuses avant d'entrer dans le canal vertébral, et que les fibrilles efférentes laissent en suivant, dans une petite étendue et en sens inverse, le chemin qu'elles ont pris pour pénétrer dans les cellules.

Ainsi, dans la rétine, il y a trois couches de cellules seulement, entre les fibres nerveuses et les cellules profondes, et deux plexus, tandis que dans l'épiderme il y a plusieurs rangées de cellules et pas de plexus. Mais, en réalité, la disposition des fibrilles est la même ici et là, puisque les cellules ne sont que des plexus, des lieux de passage et d'entre-croisement des fibrilles.

On a dit que le noyau des cellules indiquait, pour chaque cellule, une individualité distincte des fibrilles. Mais le noyau n'est pas distinct des individualités fibrillaires de la cellule. Les fibrilles et le noyau font absolument corps. Sur les figures 62, 63, 64, on peut voir qu'au niveau du noyau les fibrilles sont interrompues, ce qui montre que le noyau s'est limité par suite de la rupture des fibrilles qui, par leur entrecroisement, forment ce noyau; la partie centrale isolée, rétractée, perd sa

texture fibrillaire et les mollécules protoplasmiques, qui composaient cette structure, devenues libres, donnent au noyau un aspect granuleux. Les fibrilles rompues sont elles-mêmes granuleuses autour du noyau. Le fait se saisit bien encore sur les préparations du corps muqueux de Malpighi par le bichromate de potasse et l'alcool *(fig.* 13). Le noyau des cellules de ce corps muqueux est fortement rétracté sur lui-même et granuleux, ses mollécules protoplasmiques étant devenues libres; enfin toutes les fibrilles sont rompues et rétractées elles-mêmes tout autour du noyau. M. Prenant signale le même fait pour les cellules épithéliales de la membrane de Descemet (p. 371). Et dans certaines figures de son travail il est impossible de distinguer le noyau du reste de la cellule *(fig.* 11).

D'ailleurs, dans la cellule isolée, c'est-à-dire lorsque les individualités sensibles sont réduites à leurs plus petites dimensions, le noyau est formé bien manifestement par ces individualités (chap. IV, 3). C'est l'entrelacement des individualités fibrillaires, et leur groupement au centre de la cellule qui constituent le noyau. Le noyau n'est pas, en somme, quelque chose de spécial, de distinct des fibrilles, des individualités fibrillaires, et, dans les cellules dont les individualités se fusionnent, se prolongent, il devient un simple lieu d'entrecroisement de fibrilles.

Les innombrables fibrilles, issues de la périphérie, après s'être entre-croisées dans des plexus, constituent les fibres nerveuses qui quittent ces plexus (p. 714, Ranvier).

Les faisceaux des fibrilles, les fibres nerveuses ne tardent pas à s'entourer d'organes protecteurs constitués par des cellules très allongées qui les enveloppent d'un manchon de graisse (myéline). Ils s'appellent alors cylindres-axes. Près de la périphérie, les cylindres-axes se grossissent en joignant leurs fibrilles sous le même manchon myélinique. Aussi, les

cellules-manchons sont courtes à ce niveau et laissent entre elles un espace (étranglement annulaire) par lequel les faisceaux se réunissent. Puis, à mesure que les cylindres-axes s'éloignent de la périphérie, ils mêlent moins leurs fibrilles, et les étranglements annulaires deviennent très espacés.

Lorsque le cylindre-axe est isolé, qu'il forme une petite fibre nerveuse, il est enveloppé, en outre de son manchon de myéline, d'une gaine pleine de plasma destiné à le nourrir. Cette gaine forme un véritable petit canal plasmatique tapissé par un épithélium.

Les cylindres-axes ne tardent pas à se réunir pour constituer des filets nerveux de plus en plus gros, lesquels, convergeant ensemble vers le canal vertébral, donnent lieu, par leurs groupements, à des faisceaux nerveux de plus en plus volumineux. Ces faisceaux, troncs nerveux, sont enveloppés par des gaines de tissu conjonctif contenant des vaisseaux sanguins et lymphatiques qui nourrissent les fibres nerveuses.

Toutes les fibrilles périphériques arrivent ainsi, massées en gros faisceaux, à des hauteurs diverses du canal vertébral, suivant les parties de la périphérie qu'elles ont laissées.

On compte ainsi — abordant le canal vertébral — 31 paires de gros troncs nerveux pour la colonne vertébrale, et 12 paires pour le crâne.

Les gros troncs nerveux de la colonne vertébrale contiennent, en même temps que les nerfs sensibles, les nerfs moteurs correspondants. Mais, au niveau du canal vertébral, les nerfs sensibles se séparent nettement des nerfs moteurs pour la raison — comme nous l'avons fait prévoir et montrerons plus loin — que les nerfs moteurs continuant les nerfs sensibles, ceux-là et ceux-ci sont constitués par les mêmes individualités. Par suite, à l'extrémité d'une coupe transversale de la moelle, sont les fibrilles au moment de leur péné-

tration dans la moelle; à l'extrémité opposée, à l'autre pôle on pourrait dire, sont les mêmes fibrilles ayant traversé toute la largeur de la moelle et quittant le canal vertébral (*fig.* 18).

Puis, comme les individualités fibrillaires retournent vers la périphérie pour aller former les muscles, elles rejoignent leur partie afférente et suivent, en sens inverse, le même chemin, suivi déjà, jusqu'à ce qu'elles recontrent leurs muscles.

Dans la partie supérieure du canal vertébral, dans le crâne, les masses nerveuses prennent un développement énorme pour les raisons que nous verrons plus loin. Aussi les individualités nerveuses ont-elles leur point de pénétration et leur point de sortie plus ou moins éloignés l'un de l'autre; et les portions afférentes et efférentes de ces individualités se trouvent-elles séparées dans une grande partie sinon dans toute l'étendue de leur trajet.

Un peu avant de pénétrer dans le canal vertébral, les fibrilles se comportent d'une façon remarquable.

Les faisceaux nerveux se dissocient, et leurs cylindres-axes se jettent dans d'énormes cellules (il y en a aussi de petites et de moyennes). L'ensemble de ces cellules forme un renflement ovoïde appelé ganglion.

Ici, grâce à l'épaisseur de la fibre nerveuse et à la grosseur de la cellule qu'elle pénètre, grâce à la gaine épaisse qui enveloppe fibre et cellule, les réactifs ne brisent pas les fibrilles à leur entrée dans la cellule. On voit manifestement le faisceau fibrillaire pénétrer dans la cellule en s'y élargissant (*fig.* 17).

Cependant les fibrilles superficielles seules peuvent être suivies d'un pôle cellulaire à l'autre, les profondes devenant rapidement granuleuses et disparaissant tandis que le noyau énorme demeure isolé.

Mais, toujours en raison de la structure de la cellule, des volumes égaux des faisceaux fibrillaires afférent et efférent,

de la continuité nécessaire des individualités nerveuses, on doit considérer les fibrilles profondes comme se comportant d'une façon analogue à celle des fibrilles superficielles, et le noyau de la cellule ganglionnaire comme un lieu d'entrecroisement de fibrilles.

Chez les poissons, la cellule présente deux pôles : par l'un pénètrent les fibrilles, par l'autre elles sortent pour continuer leur chemin vers le canal vertébral.

Chez les mammifères, la cellule ganglionnaire n'a qu'un pôle, comme les cellules de la deuxième couche de la rétine. Le filet qui en sort, vient, après un court trajet, joindre la fibre nerveuse périphérique qui semble traverser le ganglion sans s'y arrêter. En réalité, comme l'a montré M. Ranvier, les fibrilles du cylindre-axe périphérique se recourbent, gagnent la cellule, la pénètrent, puis, sorties par leur point d'entrée, reprennent, dans une certaine longueur, mais en sens inverse, le chemin qu'elles ont déjà suivi pour atteindre la cellule, et enfin continuent leur route vers le canal vertébral (*fig.* 15 et 16). De là résulte, dans la cellule, une disposition enroulée des fibrilles nerveuses (*fig.* 14).

EXPLICATIONS DES FIGURES

CHAPITRE I

Planche I

Fig. 1. Rétine du gecko commun (Ranvier).
b bâtonnets des cellules visuelles.
cv corps des cellules visuelles
pb plexus basal.
cb cellules bipolaires.
cu cellules unipolaires.
pc plexus cérébral
cm cellules multipolaires.
fo fibres du nerf optique coupées en travers.
fm cellules de soutènement.

Fig. 4. Bourgeon du goût (Ranvier).
s cellule gustative.
n nerf afférent.
b bâtonnets des cellules sensorielles.

Fig. 5. *s* Cellule gustative (Ranvier).
p bâtonnet.
c cil.
n prolongement nerveux altéré.
f cellule de soutènement.

Fig. 2. Organe de Corti (Ranvier).
ci, ce cellules auditives.
pn prolongement nerveux des cellules auditives.
n fibres du nerf cochléaire allant former le plexus spiral *pb*.

Fig. 3. Macule acoustique du lapin (Ranvier).
c cellule sensorielle.
n fibres nerveuses.
pn plexus nerveux.
p cils des cellules sensorielles.
f cellules de soutènement.
cb cellules basales.

Planche II

Fig. 6. Rétine (schématique).
n fibre nerveuse optique.
cm cellules multipolaires.
pc plexus cérébral.
cu cellules unipolaires.
cb cellules bipolaires.
pb plexus basal.
ct cellules terminales profondes.

Fig. 7 Peau (Ranvier).
c couche cornée. } couche protectrice
g stratum granulosum. }
m corps muqueux de Malpighi.
n fibres nerveuses.
ct cellules terminales profondes avec leur dentelure.

Fig. 8. (Ranvier).
e épithélium antérieur cornéen.
s membrane basale et plexus sous-épithélial.
n plexus nerveux fondamental.

Fig. 9. (Schématique).
Epithélium antérieur cornéen.
c couche de cellules mortes (protectrice).
ct cellules terminales profondes avec leurs striations perpendiculaires.

Fig. 10. (Ranvier).
Cellules du corps muqueux de Malpighi et leurs anastomoses.

Fig. 11. (Prenant).
Cellules épithéliales de la cornée (membrane de Descemet) et leurs anastomoses.

Fig. 12. (Schématique).
Corpuscule du tact du bec de canard.

Fig. 13. (Ranvier). Fibrilles des cellules du corps muqueux de Malpighi.
n Filaments d'union frisés au pourtour de la cellule et du noyau.

Planche III

Fig. 14. Cellule nerveuse d'un ganglion lombaire du chien (Ranvier).
f et f' coupe de la même fibre nerveuse (branche cellulaire du T) se terminant dans la cellule.

Fig. 15. Deux tubes nerveux en T (Ranvier).
a branche centrale.
c branche cellulaire.
e branche périphérique.

Fig. 16. (Schématique).
Cellule ganglionnaire monopolaire.
a fibrilles afférentes.
e fibrilles efférentes.
c cellule.

Fig. 17. (Ranvier).
Cellule nerveuse des ganglions spinaux de la raie.

CHAPITRE II

LES INDIVIDUALITÉS NERVEUSES TRAVERSENT LE CANAL VERTÉBRAL

Ainsi les individualités nerveuses, les individualités épithéliales périphériques prolongées et réunies en quelques gros faisceaux, arrivent à des hauteurs diverses du canal vertébral. Elles pénètrent dans ce canal osseux par les ouvertures ménagées entre ses segments (vertèbres).

1. Les premiers développements embryonnaires nous indiquent quel chemin les individualités nerveuses doivent prendre maintenant.

Lorsque l'enveloppe de la cellule primitive de l'ovule est complètement séparée des éléments actifs de cette cellule, lorsque la partie de l'enveloppe à laquelle tenaient quelques-uns de ces éléments (disque polaire, micropyle) — ce qui permettait aux cellules de nouvelle formation de sortir de l'œuf (corpuscules polaires) — a été elle-même isolée du germe (chap. IV, 3), les cellules qui résultent de la fragmentation de la première cellule, demeurent dans l'œuf maintenues accolées par l'enveloppe extensible de leur mère (*fig.* 19 et 20). Ces cellules se rangent alors suivant des rapports qu'amène d'abord leur division toute mécanique et provenant de la structure générale des cellules, qu'amène ensuite le milieu dans lequel elles se développent.

La première cellule se divise en deux (*fig.* 22).

C'est la première différenciation du germe ou du futur

embryon : chacune des nouvelles cellules en effet se segmentera, se multipliera de chaque côté du premier plan de segmentation qui les sépare, formant de la sorte deux groupes distincts de cellules.

Mais, auparavant, chacune des deux premières cellules se divise par un plan perpendiculaire au premier (*fig.* 23).

C'est la seconde différenciation du germe : chacune des cellules provenant de la division d'une des premières cellules forme, en effet, de chaque côté de ce second plan de segmentation, deux nouveaux groupes de cellules distincts et perpendiculaires aux deux premiers.

Les deux premiers plans de segmentation indiquent deux directions de développement du germe : la première, la hauteur; la seconde, perpendiculaire à la première, la largeur.

Enfin, chacune des cellules provenant de la deuxième segmentation (deux au-dessus du premier plan, deux au-dessous du même plan), se divise suivant un plan perpendiculaire aux précédents (*fig.* 24); c'est la troisième direction, la troisième différenciation du germe.

Dès ce moment, le germe a ses trois directions; dès ce moment, il se développe dans ces directions, à partir du point d'intersection des trois plans de segmentation, et de chaque côté de chacun de ces plans; au-dessus et au-dessous du premier, à droite et à gauche du second, en avant et en arrière du troisième.

(*Fig.* 24). Chacune des faces de chaque plan correspond à une partie différente de l'embryon. Comme les deux plans EF et CD, correspondant à la largeur et à la profondeur, sont perpendiculaires au premier AB (épaisseur), les deux parties différenciées de ce dernier le sont encore par les deux premiers plans; c'est-à-dire que le groupe cellulaire formé au-dessus, et celui formé au-dessous du premier plan sont divi-

sés en parties droite et gauche, antérieure et postérieure par les deux autres plans de segmentation.

Une des cellules des divisions successives est plus active que l'autre. Ce fait tient très probablement, comme nous le montrerons au chapitre IV, à ce que l'une d'elles naît et se développe sous l'influence et sous la dépendance de l'autre (*fig.* 21, 22, 23).

Il en résulte une asymétrie du germe, de l'embryon et de l'être futur en épaisseur, en largeur et en longueur.

En effet, l'octoderme ou l'épithélium externe, formé par la cellule supérieure, est plus développé, plus épais et plus actif que l'endoderme ou l'épithélium interne formé par la cellule inférieure. La partie droite chez tous les animaux est plus active que la partie gauche. Enfin la partie antérieure de l'embryon se développe presque seule, la partie postérieure, qui constitue l'appendice caudal, se développant peu chez les vertébrés inférieurs et s'atrophiant chez l'homme.

Les directions elles-mêmes sont entre elles comme les cellules de chaque divison entre elles. En effet, deux cellules d'une direction nouvelle (segmentation) correspondent à une cellule de la direction précédente (segmentation).

Aussi le germe se développe-t-il beaucoup plus activement en largeur qu'en épaisseur (de là la forme aplatie des épithéliums) et en longueur qu'en largeur. Mais l'activité plus grande en longueur ne se traduit pas par une étendue plus grande suivant cette dimension. Elle est employée à produire une évolution spéciale de tout le germe, comme nous allons le voir plus loin.

Enfin, l'ectoderme formé par la première cellule supérieure, étant plus développé que l'endoderme dans toutes ses dimensions, et les deux feuillets croissant parallèlement, il en résulte que le premier (l'épithélium externe), enveloppera le second,

l'épithélium interne. Et comme la partie antérieure de l'octoderme et de l'endoderme se développe moins rapidement que les parties latérales (voir plus loin), il en résulte que les parties latérales se joindront les premières en formant ainsi un corps cylindrique creux dont la surface externe sera constituée par l'épithélium externe, et la surface interne par l'épithélium interne (*fig.* 25).

Dans les œufs holoblastiques, dont le contenu tout entier est actif, les cellules produites par la première segmentation (épaisseur), sont très nettes.

Mais dans les œufs méroblastiques, dont la surcharge graisseuse (vitellus) est telle que la partie active (germe) est refoulée à la surface et s'étend sur le globe vitellin comme un rhizopode, l'une des cellules de la première segmentation échappe à l'observation ou se distingue mal. En effet, le germe, étalé à la surface de l'ovule, sous l'enveloppe, à l'état de « repos », plonge dans la partie nutritive graisseuse (vitellus) lorsqu'il se divise; et des deux cellules produites par la segmentation, l'une (cellule polaire) est placée sous la membrane d'enveloppe, l'autre est plongée dans le vitellus (Hoffmann) (1).

Il n'est donc pas étonnant que l'on n'aperçoive dans certains œufs de poissons, et notamment dans l'œuf de la truite (Henneguy) (2), que la cellule placée à la surface. Cette cellule unique, aperçue à la surface du vitellus, constituera donc l'ectoderme seulement, et la première segmentation qu'elle présente est la seconde du germe (largeur).

Cependant la cellule, plongée dans le vitellus, finit par se

---

(1) Fur ontogenie der Knochenfische Verhandelingen D. K. Akad der Wetenschappen Amsterdam, 1881, 1883. Hoffmann.

(2) Recherches sur le développement des poissons osseux. Embryogénie de la truite. *Journal de l'Anat. et de la Physiol.*, 1888. Henneguy.

montrer tôt ou tard, mais alors elle est fort segmentée et multipliée.

Chez la truite, c'est au pourtour de l'ectoderme (*fig.* 26) que les cellules provenant de la multiplication de la cellule inférieure endodermique apparaissent d'abord. C'est en effet à la périphérie du germe, aussi bien pour l'ectoderme que pour l'endoderme, que la prolifération cellulaire est la plus active.

Ces cellules, situées sous l'ectoderme (blastoderme de Henneguy), ont été appelées parablastiques, leur couche parablaste (Klein).

Actuellement tous les auteurs reconnaissent la couche parablastique qui avait échappé à Hækel et à Gœtte, mais tous ne lui donnent pas la même origine.

Les uns la font provenir du germe segmenté, comme Van Bambeke, Hoffmann, Ællacher, Henneguy ; les autres, comme Lereboullet, Klein, Van Beneden, la font apparaître par une sorte d'endogénie. His, ne voulant pas l'expliquer par endogénie, la fait provenir de leucocytes qui auraient pénétré dans l'œuf ovarien.

Toute cellule ne provenant que de la division d'une cellule primitive, et, comme avant la fécondation, les corpuscules polaires (cellules polaires) sont rejetés de l'œuf, tout porte à penser d'abord que les cellules parablastiques proviennent de la segmentation de la cellule ovulaire, après la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf.

Au reste, ce que van Bambeke avait pensé d'une façon générale (p. 455, Henneguy) en 1876, Hoffmann le montra en 1883 pour les poissons marins. Il indiqua en effet que dans tous les œufs de poissons marins, la cellule ovulaire fécondée « se divise en deux perpendiculairement à la surface du germe (comparer à ce qui est dit page 431, Henneguy); l'une des moitiés reste à la surface, l'autre émigre dans le parablaste et donne

naissance aux nombreux noyaux qu'on observe dans cette couche. Suivant Hoffmann, *à chaque bipartition successive du noyau du germe, correspond une semblable bipartition du noyau du parablaste, de telle sorte que, au moins au début du développement, il y aurait autant de noyaux dans le parablaste qu'il y en a dans le germe* (p. 456). Henneguy.

Dans l'œuf de la truite, la couche parablastique n'apparaît d'abord, nous l'avons déjà dit, qu'à la périphérie du germe. Ce n'est que peu à peu que les autres cellules parablastiques se montrent sous le germe dans toute son étendue. Mais de ce que les cellules apparaissent d'abord à la périphérie du germe on ne peut pas en conclure qu'elles proviennent des noyaux périphériques du blastoderme, et qu'elles s'étendent de la périphérie vers le centre, comme le dit Henneguy, p. 457 et 458. D'ailleurs, Henneguy semble plus loin dire l'inverse : les cellules parablastiques ne viendraient pas de la périphérie du germe mais *s'ajouteraient* à ce niveau au germe : «..... il résulte de cette disposition qu'il n'y a pas de limite nette entre le germe et le parablaste (dans l'œuf d'épinoche); *cette limite est constituée par les cellules en voie de formation qui se détachent du parablaste pour s'ajouter au germe* » (p. 460). Et plus loin : « Chez la truite, il est impossible de suivre directement les phénomènes que je viens de décrire (dans l'œuf d'épinoche), et c'est seulement sur des coupes qu'on peut voir, comme le montre la *fig.* 63 (planche), des mamelons renfermant chacun un noyau entouré d'un aster, *faire saillie au niveau du bourrelet parablastique et proéminer parmi les cellules marginales du disque germinatif* » (*fig.* 27).

Ainsi, même dans les œufs méroblastiques, on peut voir, sous le feuillet externe, un feuillet interne bien différencié, le parablaste, appelé à juste titre par Van Beneden et Van Bam-

beke, endoderme (1), qui provient, ainsi que l'a montré Hoffman, de la première segmentation.

Ce feuillet interne, comme l'indique Henneguy, vient *se joindre au feuillet externe, à la périphérie du germe. Il en suivra donc l'évolution.*

Nous avons vu le germe s'accroître dans les trois directions à partir d'un point central qui est le point d'intersection des trois premiers plans de segmentation.

Dans l'œuf de la truite (2) il offre une apparence discoïde; aplati et arrondi à son pourtour (disque embryonnaire), il s'étale sur la surface du vitellus qui occupe toute la sphère ovulaire (*fig.* 24 et 28).

Lorsqu'il a environ 2 millimètres de diamètre, vers le cinquième jour après la fécondation, ses bords se renflent en un bourrelet (bourrelet germinatif) constitué par une agglomération de cellules en voie de prolifération très active.

Un endroit de ce bourrelet est plus épais que le reste. A ce niveau, les cellules se multiplient plus activement. C'est donc ici la partie antérieure de l'embryon (*fig.* 29 et p. 16).

Au moment où la couche des cellules parablastiques est visible dans toute l'étendue du germe, c'est-à-dire où elle atteint un développement assez considérable, le disque embryonnaire se soulève sur le vitellus, d'abord en arrière du bourrelet, de telle façon qu'il semble éprouver de la résistance

---

(1) Dès son apparition, le parablaste montre bien sa fonction endodermique. C'est lui qui nourrit l'embryon : Si l'on place en effet des œufs de poissons dans des conditions défavorables pour leur développement, dans l'eau stagnante par exemple, ils deviennent malades; on voit alors les noyaux du parablaste être les premiers atteints, subir une dégénérescence graisseuse; l'embryon ne peut plus alors se nourrir et ne tarde pas à mourir (p. 575, Henneguy).

(2) Nous suivons le développement des feuillets embryonnaires dans l'œuf de poisson, parce que c'est dans cet œuf qu'il a été le mieux étudié.

à s'étendre à ce niveau, et que, s'appuyant alors sur son centre immobile, il s'arque à son pourtour (*fig.* 31). Et en effet cette résistance à l'étalement du germe est bien exprimée par la façon de se comporter du bourrelet qui fléchit, se courbe, roule sur lui-même et continue à s'étendre ainsi replié (*fig.* 32 et 30).

A quoi tient cette résistance? Très probablement à la prolifération excessive des cellules périphériques dont l'agglomération produit une véritable obstruction, mais probablement aussi au bourrelet parablastique dont les cellules, nous l'avons vu, se joignent à celles du bourrelet ectodermique (*fig.* 27), de telle sorte que les deux bourrelets se gênent réciproquement dans leur étalement.

Ainsi l'ectoderme se replie sur lui-même en entraînant avec lui le parablaste (*fig.* 32 et 27).

Le repli ectodermique est donc constitué par deux réplis, continuation des deux épithéliums externe et interne, de l'ectoderme et du parablaste : ce sont les deux feuillets endodermiques.

C'est là une nouvelle différenciation embryonnaire. Ces deux replis, feuillets moyens, se trouveront placés, dans le corps cylindrique futur, entre l'ectoderme et l'endoderme qu'ils continuent (*fig.* 33 et p. 17). Ils recevront les impressions du monde extérieur par l'intermédiaire seulement des épithéliums externe et interne, ils seront donc des centres de réaction, des centres réflexes des épithéliums; ils formeront en effet les muscles et leurs accessoires.

Ces replis mésodermiques, dans leur développement ultérieur, demeureront toujours distincts, différenciés.

Les lignes, qui séparent les épithéliums de leurs replis et et ces replis l'un de l'autre, paraîtront et disparaîtront, tour à tour, sous l'influence des pressions exercées sur eux-mêmes et

sur le vitellus par les différents feuillets en se développant. Mais toujours les feuillets primitifs et leurs replis seront distincts, même dans les organes différenciés qu'ils engendreront.

Hækel, Gœtte, Stricker, Riernech, Weil, His, Hoffmann, Henneguy, etc., qui mélangent intimement le parablaste et l'ectoderme, ou plutôt ne font pas du parablaste une partie différenciée du germe (tout au moins au pourtour de celui-ci), ne voient dans le repli du bourrelet qu'un seul feuillet, l'endoderme primaire de Henneguy. L'endoderme embryonnaire apparaîtrait ainsi au moment seulement où l'ectoderme se replie. Puis cet endoderme primaire se diviserait en endoderme secondaire (endoderme définitif) et en mésoderme; et enfin le mésoderme en deux feuillets, l'un pour le feuillet ectodermique, l'autre pour le feuillet endodermique secondaire. Mais pourquoi et comment s'opèrent ces différenciations ?

D'autres auteurs, dont Lereboullet, Kupffer, Klein, Van Bambeke, Van Kowalewski, Van Beneden font, avec raison, du parablaste, un feuillet différencié dès son apparition, l'endoderme, qui demeurera toujours l'endoderme, mais ils n'ont pas vu, comme l'a bien montré Henneguy, que le parablaste se joint, au pourtour du disque embryonnaire, avec l'ectoderme et qu'il prend ainsi part à l'évolution de ce feuillet. Ils ne voient donc dans le repli ectodermique qu'un feuillet, le mésoderme ectodermique, quant à l'autre feuillet mésodermique, ou ils le font provenir d'une délimitation du mésoderme ectodermique, ou comme Van Bambeke et Van Beneden, ils le font naître par simple séparation de l'endoderme.

Tous ces auteurs ne remarquent point que l'endoderme de Van Bambeke et de Van Beneden, ou le parablaste de Klein peut former un repli comme l'ectoderme.

En revanche, les frères Hertwig se sont efforcés d'établir que le *feuillet moyen provient de replis du feuillet interne.*

En somme, on le voit, tous les auteurs sont forcés de reconnaître, quelle que soit leur opinion, que l'ectoderme est l'origine plus ou moins éloignée du mésoderme; et, si l'on admet avec les frères Hertwig que le feuillet moyen provient de replis de l'endoderme, on ne peut nier que l'ectoderme ne se replie sous lui-même pour constituer un feuillet sous-jacent qui le continue.

L'embryon (on peut employer cette dénomination bien qu'elle ne soit pas donnée au germe à cette période) comprend toute l'étendue du disque embryonnaire, mais sa partie principale se trouve évidemment où les nouvelles différenciations apparaissent, c'est-à-dire au pourtour du disque, dans le bourrelet replié.

Cette partie du disque demeurera toujours la principale. En effet, nous allons voir se rapprocher l'un de l'autre les bourrelets droit et gauche en s'allongeant l'un contre l'autre. Ils seront ainsi associés, et de leur rapprochement naîtront des différenciations nouvelles aux dépens des feuillets en contact. L'embryon proprement dit sera alors constitué. Il comprendra les deux bourrelets accolés suivant la direction antéro-postérieure, et il s'étendra, sur les côtés, aussi loin que les replis épithéliaux s'étendront latéralement.

Voyons comment se fait le rapprochement des bourrelets.

Si la résistance à l'extension du disque embryonnaire est due à la prolifération très active des cellules périphériques, la résistance, dans la partie antérieure du disque embryonnaire, c'est-à-dire où le bourrelet est le plus volumineux, doit être plus forte que dans les autres parties de ce bourrelet,

A ce niveau, en effet, la résistance est assez forte pour ralentir considérablement l'extension de l'embryon. Les parties latérales du bourrelet, avançant alors plus rapidement que la partie antérieure, la refoulent en arrière, et celle-ci se déve-

loppe alors dans le sens opposé à celui qu'elle suivait. En effet (*fig.* 37), les forces F et f, qui représentent les directions des points voisins de la partie antérieure, pivotent autour de ces points de telle façon que, d'antérieure, F devient postérieure, et f, de latérale gauche, devient latérale droite.

Tous les points invaginés depuis A ont ainsi changé de direction, et tous les points du bourrelet, depuis D jusqu'à B et jusqu'au coude d'invagination, subissent un changement de direction semblable, mais d'autant plus accentué qu'ils se trouvent plus près du coude d'invagination, et d'autant plus faible qu'il se trouvent plus près de D.

(*Fig.* 38). Les forces d'expansion antérieures du disque F, et les forces d'expansion latérales f varient en raison inverse les unes des autres depuis le point A jusqu'au point B. F est maxima en A et minima au point B; f, au contraire, est maxima au point B et minima au point A. Aussi, lorsque tous les points de A à B se seront invaginés de A' en B' (*fig.* 39) les forces d'expansion latérales seront croissantes, et les forces d'expansion antérieures (ici postérieures puisqu'elles ont pris une direction inverse) seront diminuées graduellement. De là un rapprochement de plus en plus actif des lèvres A'B et A'C de l'anse d'invagination depuis A' jusqu'à B' et C' : le rapprochement des bourrelets droit et gauche sera beaucoup plus énergique en arrière de l'embryon (du corps antérieur) qu'en avant, et les modifications qui résultent de ce rapprochement se remarqueront de la partie postérieure, depuis B' et C', à la partie antérieure de l'embryon. Mais il est évident que, commencés au coude d'invagination, les effets du rapprochement des bourrelets (par exemple, les protovertèbres) se développeront à mesure que les points rapprochés s'élèveront vers A.

Lorsque B *sera arrivé au coude d'invagination, les forces d'expansion latérales étant maxima en ce point, et les forces*

d'expansion antérieures y étant nulles, B *restera immobile* (*fig.* 40).

L'on remarque, en effet, que le point B demeure fixe. C'est là que se forme la vésicule de Kupffer et le canal neurentérique. C'est la partie médiane de l'embryon, le centre de développement de l'embryon.

(*Fig.* 41). BD continuant à se développer en largeur et en profondeur, pivote autour de B fixé, car de D en B, le développement radial est d'autant plus grand que les points de DB sont plus éloignés de B fixé, ce développement étant, en effet, d'autant plus gêné qu'il se fait plus près de B. DB descendra donc sur la sphère vitelline plus rapidement en arrière qu'en avant pour, enfin, se mettre dans le prolongement de AB invaginé.

Enfin, si l'on remarque que les forces d'expansion latérales, maxima en B, diminuent graduellement jusqu'en D, et qu'au contraire les forces d'expansion postérieures, nulles en B, deviennent de plus en plus grandes vers D, on comprend que les bourrelets droit et gauche postérieurs descendront plus rapidement qu'ils ne s'étendront en largeur sur la demi-sphère inférieure, que leur partie postérieure se recourbera en avant tendant ainsi à diminuer la longueur DB faisant suite à AB.

Ce mode d'accroissement théorique est facile à suivre *de visu* sur les œufs de poisson (*fig.* 42 à 52). Il s'accorde bien aussi avec la constatation que Miez von Kowalewski (1) a pu faire du mode d'extension du bourrelet sur la sphère vitelline dans les œufs du *carassius auratus*. « Von Kowalewski a constaté que pendant la segmentation jusqu'au moment de la différenciation des feuillets embryonnaires » (c'est-à-dire jus-

(1) Uber die ersten Entwicklungs processe der Knochenfische, Zeitsch. f. wies Zoologie, XLIII, 1886.

qu'au moment où la coalescence des bords antérieurs du disque s'est effectuée entière) « le blastoderme s'accroît également par toute sa périphérie (1) suivant le schéma de Kupffer (*fig.* 54); mais, lorsque les feuillets sont constitués, l'extrémité caudale » (extrémité du corps antérieur) « reste fixée sur un point du vitellus, et, par conséquent, à partir de ce moment, l'extension du blastoderme se fait d'après le schéma d'Œllacher (*fig.* 55) p. 591. » Henneguy (*fig.* 53).

Ce qu'il faut bien remarquer, dans l'évolution du bourrelet, c'est que l'extension du germe en profondeur, en largeur, en hauteur, ne change point, c'est-à-dire que les différenciations premières de l'embryon ne se modifient nullement par suite de l'invagination des bourrelets.

Rapprochez les bourrelets droits et gauches suivant la direction antéro-postérieure, et placez-les de telle façon que la partie antérieure soit devenue postérieure, vous aurez la représentation des rapports nouveaux des différentes parties embryonnaires (*fig.* 56). Le centre de développement de l'embryon est demeuré au milieu de l'embryon; il est placé entre les bourrelets antérieurs droit et gauche et les bourrelets postérieurs droit et gauche qui se développent très peu chez les vertébrés inférieurs et s'atrophient chez l'homme; il occupe toujours le point d'intersection des trois premiers plans de segmentation.

Cette disposition a échappé à His et Ranber, qui font s'invaginer le bourrelet blastodermique de haut en bas dans sa totalité.

---

(1) Il est probable, comme l'indique notre figure 40, que, dans la première partie de l'évolution des bourrelets, les bourrelets droit et gauche antérieurs, étant entraînés en avant par l'invagination, la descente en arrière se fait moins rapidement qu'en avant.

Aussi leur théorie a-t-elle été critiquée, notamment par Balfour et par Henneguy (p. 581), qui font remarquer qu'à un moment donné la partie postérieure de l'embryon (du corps antérieur) demeure immobile, et que l'invagination du bourrelet ou l'accroissement de l'embryon par concrescence ne peut plus continuer. Nous avons vu, en effet, qu'à partir de ce moment, comme l'a constaté Van Kowalewski, la partie postérieure de l'embryon (corps postérieur), pivotait autour de B fixé (*fig.* 40, 41 et 53).

M. Henneguy objecte encore avec raison à His et Ranber, que l'accroissement embryonnaire se fait en hauteur, au-dessus de la vésicule de Kupffer. Nous avons vu, en effet, que les effets de la coalescence des bourrelets devaient être plus accentués au-dessus de B et aller diminuant vers la partie antérieure A, mais aussi que, étant donné l'accroissement en avant à partir de B, les modifications suivant les premiers effets de la coalescence devaient se remarquer plus en avant que le niveau où ces premiers effets avaient paru.

Si les objections à His et Ranber, de Balfour et Henneguy sont parfaitement justes, elles n'en laissent pas moins intacte la théorie de la coalescence des bourrelets.

Balfour et Henneguy n'ont pas vu, en effet, que la coalescence des bourrelets amenait précisément les faits qu'ils objectent à His et Ranber. Aussi font-ils provenir l'écusson embryonnaire (l'embryon) d'un seul point du bourrelet, par accroissement de bas en haut, malgré la même constitution de toutes les parties du bourrelet, malgré l'aspect très net, dans les œufs de poissons, de l'accolement des bourrelets, malgré l'accroissement bilatéral normal et tératologique (Lereboullet, Ranber, Ryder) des feuillets embryonnaires (replis du bourrelet).

Résumons les premiers développements embryonnaires que nous venons de suivre depuis leur début.

La cellule première se segmente en deux. L'une des nouvelles cellules est plus active que l'autre, comme dans toute segmentation cellulaire (chapitre IV). Le plan de segmentation qui sépare ces cellules correspond à une première direction (épaisseur).

Chacune de ces cellules sœurs se divise en deux par un plan perpendiculaire au premier plan de segmentation qui les sépare. Ce nouveau plan de segmentation correspond à une seconde direction, la largeur. Chacune des deux premières cellules est ainsi divisée en partie droite et en partie gauche ; et on constate : 1° Suivant la largeur, deux cellules correspondant à une cellule de la première dimension, épaisseur (largeur plus grande qu'épaisseur) ; 2° l'une est plus active (droite) que l'autre ; 3° les deux cellules supérieures, droite et gauche, sont plus actives que les deux cellules inférieures droite et gauche.

Enfin les deux cellules supérieures et les deux cellules inférieures se segmentent par un plan perpendiculaire aux deux premiers plans. C'est la troisième direction : chaque cellule droite ou gauche, inférieure ou supérieure est ainsi divisée en deux parties, antérieure et postérieure. On constate alors : 1° Dans cette troisième dimension, en profondeur, deux cellules correspondent à une cellule droite ou gauche, inférieure ou supérieure, et quatre cellules à la première cellule supérieure ou inférieure (profondeur plus grande que largeur et qu'épaisseur) ; 2° l'une des deux cellules, provenant de la division des cellules droite ou gauche, est plus active (antérieure) que l'autre ; 3° les quatre cellules supérieures sont plus actives que les quatre cellules inférieures.

De chaque côté des trois premiers plans de segmentation perpendiculaires entre eux et représentant les trois directions, les cellules continuent à se segmenter suivant les mêmes rapports.

Il en résulte : Sur la face supérieure du premier plan de segmentation, un groupe cellulaire, et, sur la face inférieure de ce même plan, un autre groupe cellulaire; le premier est plus épais, plus large et plus long que le second ; chacun d'eux est plus large qu'épais, et tend à être plus long que large.

En somme, ce sont deux groupes plus ou moins aplatis, étalés chacun sur une face du premier plan de segmentation, divisés en parties droite et gauche, antérieure et postérieure, et rayonnant à partir du point d'intersection des trois premiers plans de segmentation.

Ces deux feuillets croissant parallèlement, et l'un étant plus développé, dans toutes les dimensions que l'autre, il en résulte que le premier enveloppe le second : le premier est l'ectoderme ou l'épithélium externe, le second l'endoderme ou l'épithélium interne.

Les forces d'expansion du disque embryonnaire augmentent avec l'accroissement de ce disque : c'est comme une poussée cellulaire qui augmente avec le nombre des cellules se mouvant dans le même sens; il en résulte que le déplacement des cellules du pourtour est, à un moment donné, trop faible par rapport à la poussée des autres cellules : de là, une accumulation de cellules à la périphérie, une agglomération formant un bourrelet. Cette obstruction est encore augmentée pac l'accroissement parallèle du parablaste ou de l'endoderme dont on peut voir de bonne heure des cellules proéminer parmi les cellules marginales du disque germinatif (*fig.* 27). La gêne à l'extension du disque augmentant, les deux feuillets s'arc-boutent l'un contre l'autre en prenant un point d'appui sur leur centre de développement fixe, ils s'écartent l'un de l'autre, l'ectoderme se soulevant au-dessus du vitellus, ils se replient sous eux et continuent alors à avancer ainsi repliés.

Les replis formés de la sorte constituent deux nouveaux

feuillets faisant suite aux premiers et placés entre eux : ce sont les deux feuillets endodermiques.

Mais la gêne plus considérable, amenée par l'activité plus grande de la partie antérieure du germe, produit, à ce niveau, un arrêt de l'extension embryonnaire. Les bourrelets droit et gauche en s'avançant refoulent leur partie antérieure en arrière, et, changeant eux-mêmes de direction, ils s'invaginent jusqu'à ce que leur centre de développement en longueur (B) soit arrivé dans le sens de l'invagination; ce centre demeure alors fixe, et la partie postérieure des bourrelets pivote autour de lui pour venir se mettre dans le prolongement de la partie antérieure invaginée.

Les bourrelets droit et gauche étant accolés, avancent alors seulement dans leur partie repliée, endodermique, et ainsi les épithéliums continuent à s'étendre malgré leur rencontre.

On le voit, quel que soit l'ovule, quelle que soit la cellule première, il suffit que cette cellule se segmente en deux, que les nouvelles cellules soient maintenues en rapport dans une enveloppe extensible, et puissent se multiplier en toute liberté, pour donner lieu à l'évolution que nous venons d'indiquer, puisque cette évolution résulte simplement de la segmentation cellulaire.

Que la cellule ovulaire primitive occupe son enveloppe tout entière (œuf holoblastique), ou qu'une surcharge graisseuse la force à s'étaler et à se multiplier à la surface de l'œuf (œuf méroblastique), le germe se développera toujours suivant les mêmes lois fondamentales. Il y aura toujours un ectoderme enveloppant un endoderme, ces deux tissus étant plus larges qu'épais, plus actifs en longueur qu'en largeur et d'un côté que de l'autre, se développant enfin plus dans leur partie antérieure que dans leur partie postérieure; il y aura toujours, à un moment donné, formation d'un bourrelet, puis repliement des feuillets, et enfin accolement des bords repliés.

L'évolution de l'œuf de poisson, si facile à étudier et si bien étudiée, permet de bien saisir ces lois fondamentales. Voilà pourquoi, et le beau travail de M. Henneguy facilitant beaucoup notre tâche, nous avons cru devoir nous appliquer à déterminer l'origine des feuillets embryonnaires plutôt dans les œufs de poissons que dans les œufs de mammifères dont le développement est matériellement si difficile à suivre.

2. Ainsi, le développement embryonnaire nous a indiqué déjà le chemin que doivent prendre les individualités des cellules épithéliales périphériques se prolongeant dans les cellules ectodermiques sous-jacentes et contiguës. Ces individualités doivent prendre toutes le même chemin, converger toutes, en arrière, vers une ligne antéro-postérieure, ligne de séparation des deux parties symétriques de l'ectoderme, et s'infléchir d'arrière en avant pour se recourber en dehors et retourner vers la phériphérie en suivant en sens inverse le chemin qu'elles ont parcouru déjà (*fig.* 57 et 58).

Nous allons suivre d'abord les individualités nerveuses à travers le canal vertébral.

Nous les suivrons de préférence d'abord dans la moelle épinière où leur trajet est plus court et pourra, par suite, être le mieux suivi.

(*Fig.* 59). Soit une coupe transversale de moelle, au niveau où les fibrilles nerveuses pénètrent dans la moelle (moelle de la région lombaire du chien, préparation de Ranvier, p. 1074). Le durcissement a été fait par le bichromate d'ammoniaque, et la coloration obtenue par le chlorure d'or. Celui-ci a coloré seulement les éléments nerveux. Cette coupe présente une sorte de granité parcouru par des travées blanches parties d'un croissant central blanc à grosse extrémité tournée en avant et en dehors. Ce granité correspond à la coupe transversale de fais-

ceaux de fibrilles à direction longitudinale et qui sont colorés par le chlorure d'or. Ce sont les cordons longitudinaux, les nerfs médullaires.

Le croissant présente des travées finement pointillées, très larges aux points nodaux, et entourant des aréoles blanches. Ces travées trahissent la substance nerveuse finement granuleuse et formant un réseau étendu dans tout le croissant, mais plus remarquable dans la corne antérieure de ce croissant. Cette substance granuleuse se prolonge parfois dans les travées blanches qui vont du croissant à la périphérie de la coupe; ce sont des prolongements de la substance nerveuse allant former justement les faisceaux longitudinaux, comme on le voit sur la figure 360 du Traité de M. Ranvier.

Les fibres nerveuses qui pénètrent dans la moelle sont fortement colorées. Comme elles forment des faisceaux volumineux, dont la plupart ont la même direction, il est facile de les suivre à travers la moelle.

Une bonne partie de ces fibres vient des racines postérieures et antérieures; mais une autre forte partie, la moitié environ, vient de l'autre côté de la moelle (côté droit). Ces fibres, après être entrées dans le croissant médullaire, les unes par la corne postérieure (fibres des racines postérieures, fibres afférentes que nous avons suivies jusqu'au canal vertébral), d'autres par la corne antérieure du croissant (fibres des racines antérieures, motrices, fibres efférentes), d'autres venant de l'autre côté par la partie médiane, se divisent en radicules dont les unes disparaissent au niveau des travées grises après s'être entrelacées et croisées, les autres se continuent en passant d'une racine à l'autre, ou en allant de l'une ou l'autre racine à l'autre côté de la moelle.

La raison pour laquelle toutes les fibrilles ne se continuent pas au niveau de leur point de pénétration dans la moelle, sur

une coupe transversale, est que, entre les racines médullaires, entre les gros faisceaux nerveux pénétrant dans le canal vertébral, il y a une certaine étendue remplie par la masse nerveuse en réseau où les fibres nerveuses pénètrent, et d'où elles sortent de telle façon que l'on ne peut suivre, sur une coupe transversale, la continuité d'un grand nombre de fibres nerveuses (*fig.* 69).

Cette façon de se comporter des fibres nerveuses qu'on voit s'arrêter au niveau du réseau nerveux sur une coupe transversale de la moelle, nous est prouvée justement par les fibres que l'on peut voir se prolonger, sur la même coupe, de la racine postérieure à la racine antérieure.

En effet, le réseau nerveux est constitué par des cellules qui sont rendues très nettes par le picrocarminate ou encore mieux par le nitrate d'argent (méthode de Golgi). Ces cellules sont volumineuses la plupart et offrent de nombreux et gros prolongements qui se ramifient et forment, par l'entrecroisement de leurs rameaux et ramuscules, un réseau occupant toute l'étendue, mais surtout la corne antérieure et la partie médiane du croissant.

Or, les fibres nerveuses que, grâce à la méthode de l'or, on peut suivre d'une racine à l'autre, ne peuvent plus être suivies avec le nitrate d'argent ou le picrocarminate que jusqu'aux cellules (*fig.* 61) situées dans la corne antérieure du croissant. Les remplaçant alors, on voit les ramifications puissantes des grosses cellules qui forment le plexus nerveux. D'autre part, les cellules donnent issue à des fibres (prolongement de Deiters) qui constituent les rameaux des faisceaux nerveux des racines antérieures.

Avec le chlorure d'or, on ne voit pas les cellules, mais on suit directement les fibrilles jusque dans les racines antérieures; avec le picrocarminate ou le nitrate d'argent, on ne voit

plus entre les fibres des racines postérieures et celles des racines antérieures qu'un plexus et des cellules. Entre les fibres qui se continuaient dans une préparation on rencontre dans une autre préparation un plexus nerveux et des cellules. On peut donc conclure que les fibres nerveuses traversent ce plexus et ces cellules; que ce plexus et ces cellules sont fibrillaires, et que leurs fibrilles sont constituées (en partie — voir plus loin) par les fibrilles mêmes des filets nerveux.

En effet les cellules nerveuses des centres, comme les cellules des ganglions, comme les cellules de l'épithélium, sont fibrillaires, et leurs fibrilles se continuent dans leurs prolongements qui forment, en s'entrelaçant, le plexus nerveux.

Si l'on prétend, contre les apparences de la préparation microscopique citée, comme du reste son auteur lui-même, que les fibrilles des racines postérieures ne peuvent être suivies que jusque dans la corne antérieure du croissant, et qu'on ne saurait affirmer qu'elles se continuent avec les fibres des racines antérieures, il est certain, grâce à la méthode du nitrate d'argent, que les fibres nerveuses contribuent à former le plexus nerveux, résultat de l'entrelacement des prolongements des cellules d'où naissent, à leur tour, les fibres des racines antérieures.

Or, y aurait-il simple accolement entre les fibrilles des fibres nerveuses postérieures et les fibrilles des prolongements cellulaires?

De deux choses l'une : ou les fibrilles périphériques prolongées, les individualités nerveuses s'arrêtent dans le plexus, ou elles se continuent avec les fibrilles de ce plexus. Mais si elles s'arrêtaient, l'impression périphérique locale distincte qui correspond à chacune de ces fibrilles et qui a engendré l'individualité de cette fibrille devrait, pour être transmise dis-

tincte à la cellule nerveuse, être transmise par une fibrille distincte du plexus; donc les individualités nerveuses, les fibrilles périphériques se prolongent de toute façon jusque dans la cellule nerveuse.

Ainsi les fibrilles nerveuses provenant des racines postérieures atteignent le plexus nerveux où elles se dispersent pour gagner les diverses cellules dont les prolongements sortent de ce plexus.

Voici les fibrilles, les individualités nerveuses dans la cellule. S'arrêtent-elles dans la cellule?

On n'a qu'à jeter un regard sur les fibrilles des cellules nerveuses pour se convaincre qu'elles traversent ces cellules, qu'elles passent d'un prolongement dans un autre prolongement, soit voisin — et alors elles contournent la paroi cellulaire, — soit opposé — et alors elles traversent toute l'épaisseur de la cellule — pour, avec ce nouveau prolongement, retourner au plexus, et, par suite, gagner de nouvelles cellules jusqu'à ce qu'elles forment les fibres efférentes, les fibres motrices. Sur les préparations où la striation longitudinale des cellules existe seule, on ne voit guère que les fibrilles longeant les bords ou la surface, parce qu'elles ont été les premières saisies par les réactifs. Celles qui traversent le centre de la cellule n'ont pas été fixées. Aussi souvent arrive-t-il que la plupart des fibrilles semblent interrompues aussitôt leur entrée dans la cellule (fig. 62, 63, 64), et que celle-ci est remplie de granulations libres, surtout dans le noyau placé symétriquement par rapport aux prolongements de la cellule. Sur les préparations où, en même temps que la striation longitudinale, existe la striation transversale, les fibrilles sont très bien fixées (puisque l'on distingue même leur striation transversale), et on voit bien les stries se continuer dans toute la cellule et dans

ses prolongements (fig. 91, pl. VIII) (1). Au centre seulement, le plus difficile à saisir, probablement en raison de sa profondeur, la striation disparaît, les granulations deviennent libres, se massent dans le noyau, et, autour du noyau, forment comme une atmosphère de protoplasma granuleux. Cette disposition — nous l'avons déjà dit, — montre bien que le noyau ne se distingue pas des fibrilles cellulaires, à l'état vivant.

Ainsi les cellules nerveuses des centres ne sont pas plus que les cellules épithéliales, les cylindres-axes, les nerfs, des individualités. Elles sont de simples groupements d'individualités qui sont les fibrilles nerveuses, les fibrilles épithéliales prolongées depuis la surface. Elles constituent, comme les cellules épithéliales, des plexus d'individualités nerveuses, des plexus fibrillaires.

D'après Golgi (2), toutes les cellules nerveuses, sans exception, sont en rapport avec les fibres nerveuses par un seul prolongement, prolongement de Deiters ou prolongement cylindre-axile.

Ce prolongement ou se divise en nombreux rameaux et ramuscules qui engendrent, avec les ramifications des prolongements nerveux des autres cellules, un réseau nerveux où il est impossible de suivre la continuité du prolongement nerveux cellulaire avec les nerfs, ou, après avoir donné quelques branches au réseau nerveux, se continue nettement dans un filet nerveux. Dans le premier cas, il serait en rapport avec les fibres sensibles qui, elles-mêmes, s'éparpillent dans le réseau nerveux qu'ils contribuent à former; dans le second cas, il

---

(1) Sur la structure du cylindre-axe et de la cellule nerveuse, par le Dr J. Jakimovitch, *Journal d'Anat. et de Physiol.*, 1888.

(2) Sulla fina anatomica degli organi centrali del sistema nervoso, par Golgi (*Riv. di fren. e di med. leg.*, fasc. 4, 1882, fasc. 1, 1883).

serait en rapport avec les fibres de la moelle ou les fibres motrices efférentes.

Les autres prolongements de la cellule nerveuse seraient uniquement destinés à assurer sa nutrition.

Le réseau nerveux, formé par les fibrilles résultant de la décomposition des fibres ou des prolongements nerveux des cellules, établirait le lien anatomique et fonctionnel entre les éléments cellulaires de la substance grise des centres d'une part, et entre les cellules et les fibres nerveuses d'autre part.

Mais d'abord, comment un petit prolongement cylindre-axile pourrait-il servir tout seul à l'établissement de rapports aussi variés et nombreux que ceux des cellules entre elles et avec les fibres nerveuses? Ensuite tous les prolongements des cellules nerveuses contribuent à former le réseau nerveux; comment alors distinguer, dans ce réseau, les fibrilles qui viennent du prolongement nerveux et qui sont chargées des fonctions nerveuses de la cellule, des fibrilles qui viennent des autres prolongements et qui seraient chargées uniquement des fonctions nutritives? Rien, dans la structure ou la disposition des fibrilles du réseau nerveux, n'autorise à croire à une telle différenciation de fonctions pour les fibrilles.

Il est donc probable que tous les prolongements de la cellule nerveuse qui, tous, contribuent à former le réseau nerveux, constituent un lien anatomique et fonctionnel entre les cellules et entre les cellules et les nerfs. Cela n'empêche pas, comme l'indique Golgi, que les cellules offrent un prolongement spécial correspondant plus particulièrement aux nerfs, c'est-à-dire aux rapports les plus étendus de ces cellules.

De plus, nous avons vu que les fibrilles nerveuses afférentes, les fibrilles épithéliales périphériques prolongées, s'étendaient à travers le réseau nerveux, et pénétraient, en se continuant avec les individualités cellulaires, dans les cellules nerveuses

elles-mêmes. Par suite, il s'agit d'un plexus nerveux et non d'un réseau, d'un plexus dont les éléments nerveux ne font, comme dans les plexus de la périphérie, que se croiser ou s'accoler sans jamais se confondre.

Enfin, nous avons vu que les individualités nerveuses traversent les cellules sans s'y arrêter; comme elles retournent ainsi dans le plexus nerveux pour se mettre en rapport avec de nouvelles cellules, la même raison qui nous a fait suivre les fibrilles nerveuses dans la cellule, nous force encore à prolonger les fibrilles dans ces nouvelles cellules, puis, dans le plexus, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elles forment enfin des fibres nerveuses nouvelles.

Et ainsi les cellules nerveuses sont toutes dans le prolongement les unes des autres, ont leurs individualités fusionnées entre elles et avec celles des fibres nerveuses, forment, comme les cellules périphériques, un plexus cellulaire en continuité avec le plexus nerveux et les nerfs.

Est-il possible de suivre *de visu* les individualités nerveuses passant de cellule en cellule? Dans la moelle, cela paraît bien difficile à cause du grand nombre des prolongements cellulaires et de leur longueur. Dans les cellules très voisines, comme celles de l'épithélium cornéen ou du corps muqueux de Malpighi, il est facile de voir les fibrilles passer d'une cellule à l'autre. Mais dans la moelle, non seulement l'entrecroisement des fibrilles des prolongements empêche de suivre celles-ci, mais encore, pour peu que les petits faisceaux de fibrilles aient une certaine longueur, ils offrent nécessairement des changements de rapports entre les fibrilles qui peuvent faire croire à une interruption des fibrilles ou à un simple accolement de fibrilles se terminant en pointe et sans continuité entre elles. Tel est, du reste, l'aspect que présentent les fibrilles dans un cylindre-axe.

C'est dans le cervelet que le plexus cellulaire a été le mieux indiqué.

M. Ranvier donne, dans son traité d'histologie, une fort belle préparation de l'écorce du cervelet dans laquelle le plexus cellulaire est bien mis en évidence (*fig.* 65).

L'écorce du cervelet, par la disposition de ses fibres et de ses cellules, rappelle la constitution de la moelle. Elle a des fibres afférentes et efférentes, mais les fibres efférentes, arrêtées par la surface des hémisphères, se recourbent et suivent, en sens inverse, le même chemin que les fibres afférentes. C'est le croissant médullaire plié par son milieu. Les fibres afférentes pénètrent d'abord dans une première couche de cellules multipolaires : couche granuleuse profonde. Ces cellules multipolaires communiquent toutes entre elles en formant un plexus très riche : elles reçoivent les fibrilles afférentes, et les irradient dans la couche granuleuse superficielle composée par un plexus fibrillaire très délicat duquel naissent les prolongements de grosses cellules qui, placées à la limite des deux premières couches (couche des cellules de Purkinge), donnent enfin issue aux fibres efférentes (*fig.* 66).

Le plexus cellulaire de la première couche est des plus nets dans la préparation de M. Ranvier (*fig.* 65).

Huguenin (1), dans son anatomie des centres nerveux, a bien indiqué la continuité des fibres avec les cellules et des cellules entre elles dans l'écorce du cervelet : « La couche des granulations renferme deux sortes de fibres.

» « Elle est traversée par les prolongements cylindres-axes des cellules de Purkinge; ces prolongements se distinguent par leur grosseur de toutes les fibres de cette région (fibres efférentes).

---

(1) Anatomie des centres nerveux par Huguenin. — Traduction de Keller.

» β Elle est traversée par une grande quantité de fibres provenant de la substance médullaire (fibres afférentes) : tout d'abord les fibres ont la grosseur ordinaire des fibres de la substance blanche du cervelet, mais aussitôt qu'elles ont pénétré dans la couche des granulations, elles commencent à se diviser de la façon la plus riche, de sorte qu'elles n'offrent plus que l'épaisseur de fibrilles primitives (Boll), à la limite entre la couche des cellules et celle des granulations. Ces fibres passent ensuite dans la couche grise et se mêlent au réseau (1) des fibrilles primitives (Boll) de sorte que l'union entre deux systèmes différents provenant de la substance médullaire se trouve établie au moyen des organes de l'écorce » (p. 356).

D'ailleurs, Huguenin termine son Traité d'anatomie par cette observation remarquable : « *On trouvera en définitive que les fibres centripètes se continuent avec les fibres centrifuges* par des anastomoses en forme d'anse et de toute façon avec une intercalation compliquée d'organes intermédiaires ».

Revenons au plexus cellulaire de la moelle.

Ce plexus recevant les fibrilles de certains nerfs et les renvoyant à d'autres nerfs, quels sont les nerfs qui se continuent?

Les nerfs qui pénètrent dans le plexus cellulaire de la moelle ou en sortent sont : 1° les nerfs des racines postérieures que nous avons suivis depuis la périphérie; 2° les nerfs des racines antérieures; 3° les nerfs qui passent dans l'autre côté de la moelle (droit ou gauche) ou viennent de ce côté, et qui semblent se diviser en deux moitiés bien symétriques, l'une venant de la partie postérieure ou s'y rendant, l'autre venant de la partie antérieure ou s'y rendant; ces deux moitiés s'entrecroisent dans la commissure antérieure; 4° les nerfs qui montent

(1) D'où émanent les prolongements périphériques des cellules de Purkinge.

ou descendent dans la moelle et qui sortent de toutes les cellules médullaires : ce sont ces nerfs dont on voit la section sur une coupe transversale de la moelle, et qui constituent la masse blanche de celle-ci.

Admettons que les nerfs des racines postérieures, nerfs afférents, se continuent par l'intermédiaire du plexus cellulaire ou nerveux avec les nerfs montant longitudinalement dans la moelle et les postérieurs seulement.

D'abord, il n'y aura qu'une partie de leurs fibrilles qui ira à ces nerfs, l'autre partie se rendant manifestement dans la corne antérieure du croissant gris.

Or, ces fibres sont bien moins nombreuses que les fibres émergeant longitudinalement du plexus cellulaire.

De même pour les fibres efférentes des racines antérieures. Admettons qu'elles viennent des nerfs longitudinaux qui naissent ou se rendent dans les parties latérales et antérieures. Il est évident qu'elles sont de beaucoup moins nombreuses que les fibres longitudinales.

Nous pouvons donc déjà dire que les cordons longitudinaux antéro-latéraux, postérieurs et antérieurs n'empruntent pas leurs fibrilles (1) aux racines postérieures et antérieures.

D'un autre côté, si nous observons que la masse des fibres afférentes, fibres des racines postérieures que nous avons suivies depuis la périphérie, est égale à la masse des fibres efférentes, fibres des racines antérieures, nous conclurons que ce sont ces deux sortes de fibres qui se continuent, et que toutes (1) les fibres des cordons longitudinaux n'ont aucun rapport de continuité avec les premières.

---

(1) Les fibres des racines postérieures et antérieures qui montent ou descendent pendant un court trajet, ne doivent pas être considérées comme faisant partie du système des fibres longitudinales (voir plus loin le quatrième alinéa).

Comment se comportent les fibrilles de ces cordons longitudinaux ? Comme elles naissent et se terminent dans le plexus cellulaire dont les fibrilles se continuent, il est fort probable qu'elles ont une forme en anneau très allongée. Nous verrons, dans la seconde partie de ce travail, cette forme se déduire de leur fonction (*fig.* 67).

Les fibres longitudinales, qui naissent si nombreuses dans le plexus cellulaire des différents segments du canal vertébral en rapport avec les diverses racines afférentes et efférentes, ne donnent pas un volume considérable à la moelle ; par suite leur longueur est peu étendue ; elles vont simplement d'un segment à l'autre, unissant ainsi ces segments (*fig.* 68).

Comme le volume de la moelle augmente un peu, depuis les racines rachidiennes les plus inférieures jusqu'aux racines rachidiennes supérieures, des segments supérieurs partent des fibres longitudinales plus longues, unissant ces segments aux différents segments situés plus bas.

Maintenant, si nous considérons que les fibrilles périphériques prolongées, les individualités nerveuses se rendent, par masses isolées dans le canal vertébral et en sortent par masses isolées, nous voyons que leur passage se fait à travers une colonne de cellules occupant le double de la moitié de l'intervalle qui sépare les paires nerveuses, formant ainsi une sorte de fort renflement (*fig.* 59), analogue au renflement déjà constaté avant l'entrée des individualités dans la moelle (ganglion rachidien), mais beaucoup plus gros, contenant des cellules multipolaires et des fibrilles en anneau qui mettent en relation les différents ganglions intravertébraux et les individualités de ces ganglions entre elles.

Si les fibres en anneau étaient peu nombreuses, nous aurions évidemment un aspect moniliforme de l'ensemble des ganglions intravertébraux (*fig.* 70), c'est-à-dire l'aspect du sys-

tème nerveux des animaux inférieurs ou celui du système nerveux de l'épithélium interne, du grand sympathique.

D'ailleurs nous avons bien un reste de cette forme ganglionnaire dans les renflements lombaire et cervical. La moelle, en effet, représente un cordon à peu près de la même grosseur dans toute sa hauteur, mais notablement renflé en bas (ganglion abdominal), et en haut (ganglion cervical) (*fig.* 72) S'il y a un renflement à ces endroits, c'est grâce au nombre plus grand des fibrilles qui traversent le canal vertébral à leur niveau, c'est que ces fibrilles ou ces individualités nerveuses sont reliées entre elles par des fibrilles en anneau, des fibrilles d'association beaucoup plus nombreuses que les fibrilles d'association qui réunissent ces deux ganglions entre eux ou avec le ganglion situé plus haut, ganglion céphalique. Nous verrons aussi que ce troisième renflement (céphalique), qui peut lui-même se diviser en deux parties distinctes (cerveau et cervelet), offre un volume considérable en raison toujours de l'infinité des fibrilles d'association qui relient entre elles les différentes fibrilles des nerfs qui pénètrent le canal vertébral à ce niveau, et relient ces fibrilles à celles des autres ganglions intra-vertébraux.

Ce qui fait l'association des fibres nerveuses, des individualités nerveuses, c'est leur fonctionnement commun. Aussi voilà pourquoi les fibrilles nerveuses, qui appartiennent à deux paires de membres, forment seulement deux ganglions (celui du membre abdominal , celui du membre thoracique). Mais si les individualités nerveuses provenaient d'articles ou de membres fonctionnant séparément, il y aurait autant de ganglions qu'il y aurait d'articles ou de membres différents. Ce qui existe par exemple chez les crustacés et les insectes (*fig.* 71).

Etant donné l'épaisseur du plexus nerveux pour chaque paire nerveuse (ganglion intra-rachidien), les fibrilles, on le

comprend, ne traversent pas toutes directement le canal vertébral, des racines postérieures aux racines antérieures. En effet, sur une coupe transversale, au niveau des racines, une grande partie des fibrilles, nous l'avons vu, semblent s'arrêter. De fait, elles pénètrent en haut et en bas dans les cellules nerveuses et souvent cheminent assez longtemps avant d'entrer dans le plexus (1).

Les fibrilles qui proviennent de l'autre côté de la moelle ou y vont, se continuent manifestement dans les fibres des racines postérieures et dans celles des racines antérieures (prép. au chl. d'or. Ranvier). Elles semblent, sur une coupe transversale, former plus de la moitié des fibres qui traversent la moelle, et se diviser en deux groupes égaux s'entrecroisant dans la commissure antérieure et se dirigeant plus spécialement l'un en avant, l'autre en arrière.

Ces fibrilles, du reste, se comportent dans le ganglion intravertébral, comme les fibrilles des racines postérieures et antérieures que nous avons déjà suivies. En petit nombre seulement elles se continuent directement, sur une coupe transversale, au niveau des racines, dans les racines postérieures et antérieures; en grande partie, au contraire, elles pénè-

(1) Ces fibres ont été signalées notamment par Kölliker à la partie antérieure et à la partie postérieure de la moelle. Mais à la partie postérieure, Kölliker, à tort, comme le montre Huguenin, leur fait former le faisceau blanc longitudinal de la substance grise : « Sans aucun doute, toutes les fibres des racines postérieures se rendent à la substance grise », p. 261, Huguenin.

Cependant, à la partie antérieure de la moelle, Huguenin lui-même prolonge dans les cordons pyramidaux croisés, une bonne partie des fibres des racines antérieures, et les fait remonter, avec ces cordons, jusque dans l'écorce cérébrale. Il les appelle des fibres volontaires. Mais on sait que la dégénérescence des cordons pyramidaux s'arrête à la substance grise médullaire et ne pénètre point dans la racine antérieure (Charcot, p. 237 et 238. Leçons sur la localisation dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière).

trent à diverses hauteurs, en haut et en bas, dans la commissure et dans le plexus cellulaire avant de joindre les racines. Rien donc d'étonnant que de nombreuses fibres de la commissure semblent non seulement disparaître au niveau du réseau nerveux, mais encore se prolonger dans les cordons longitudinaux. Cependant, en raison du grand nombre de fibres qui entrent dans la commissure, nombre qui est, au niveau des racines, presque aussi grand que celui des fibres des racines elles-mêmes, et en raison de la persistance de ce volume de la commissure dans toute l'étendue du ganglion intravertébral — ce qui fait passer par cette commissure un nombre de fibres beaucoup plus grand que celui des fibres des racines du ganglion — les fibrilles des faisceaux de la commissure ne se continuent pas toutes dans les racines antérieures et postérieures, et même leur plus grand nombre doit se prolonger dans les cordons longitudinaux, doit appartenir à ces cordons.

Cette façon de se comporter des individualités nerveuses ne cadre pas avec les théories d'exception pour lesquelles les « sensations sont perçues » uniquement dans les parties supérieures du canal vertébral. Mais ces théories qui veulent ainsi, au profit d'une partie des masses nerveuses, dépouiller de leur sensibilité les autres parties de ces masses, sont bien forcées de reconnaître que le plus grand nombre au moins des fibres sensibles s'arrête dans la moelle, car le volume de la moelle demeure à peu près le même dans toute la hauteur de celle-ci; il n'augmente pas comme il devrait le faire, c'est-à-dire considérablement, avec l'apport successif de bas en haut, des gros faisceaux de fibres des racines postérieures montant vers le cerveau. Et puis, si même quelques fibres des racines postérieures montaient jusqu'au cerveau, elles ne comprendraient jamais qu'un nombre très restreint — relativement — d'individualités nerveuses, et comment alors le cerveau pour-

rait-il avoir conscience, avec ces quelques individualités correspondant à quelques impressions périphériques locales distinctes, des innombrables impressions périphériques locales distinctes dont les individualités nerveuses correspondantes se sont arrêtées dans la moelle ? Il faut avouer que la notion des surfaces tactiles que pourrait avoir le cerveau dans de telles conditions serait bien confuse si toutefois elle pouvait être ! On sait, du reste, qu'il suffit, lorsque la moelle est coupée transversalement, d'un léger pont de substance grise reliant les segments médullaires pour que la sensibilité soit conservée dans le segment inférieur. Cependant, ce pont de substance grise ne correspond guère plus qu'à un nombre très restreint de fibrilles nerveuses. Mais ce nombre très restreint de fibrilles, qui ne suffirait évidemment pas à « transmettre », distinctes, les innombrables impressions distinctes de la périphérie, suffit pour maintenir associés au segment supérieur les faisceaux d'individualités nerveuses du segment inférieur, pour maintenir, en somme, l'intégrité de la personnalité formée par l'association des individualités nerveuses.

Ainsi, les fibrilles sensibles, les individualités nerveuses, les fibrilles épithéliales périphériques prolongées, que nous avons suivies depuis la périphérie jusque dans le canal vertébral, traversent ce canal comme elles ont déjà traversé les ganglions rachidiens, et en sortent, sous le nom de nerfs moteurs, pour gagner les différents muscles de la périphérie voisins des points de la surface d'où émanent les individualités nerveuses.

Ainsi, les fibres longitudinales des centres nerveux, perpendiculaires à la direction générale des individualités nerveuses périphériques, relient simplement ces individualités nerveuses, les associent. Par suite, elles sont secondaires, résultant uniquement des rapports de fonctionnement des individualités.

Le système spécial qu'elles constituent, système d'association reliant entre eux les différents nerfs, forme pour ainsi dire la charpente des centres nerveux dont l'étude, par suite, doit avoir pour moyen principal, pour meilleur scalpel, l'analyse subjective.

Nous n'entrerons pas maintenant dans le détail de ce système d'association, ce serait entrer dans le détail du mécanisme du système nerveux. Auparavant, il nous faut établir l'individualité nerveuse dans toute son étendue, établir son fonctionnement.

Cependant, avec ce que nous connaissons déjà de l'individualité nerveuse, nous pouvons indiquer les grandes lignes des centres nerveux.

Les individualités nerveuses, traversant le canal vertébral à diverses hauteurs, les fibres d'association seront longitudinales et de grandeurs diverses en rapport avec les distances qui séparent les individualités nerveuses associées; de petite longueur entre nerfs voisins comme ceux qui correspondent à des muscles d'un même segment de membre; de plus grande longueur entre nerfs de muscles appartenant à des segments différents d'un même membre. Toutes ces fibres d'association forment, ensemble et avec les nerfs qu'elles associent, un système, ganglion, d'autant plus volumineux qu'il correspond à plus de nerfs associés. Ainsi les nerfs du membre inférieur forment un ganglion allongé, dans la partie inférieure du canal vertébral, ganglion abdominal; et les nerfs du membre supérieur un autre ganglion allongé, à la partie supérieure de la moelle, ganglion cervical. Le premier est le plus volumineux comme comprenant des individualités plus nombreuses (*fig.* 72).

Entre ces deux ganglions se trouve une série de petits ganglions correspondant aux côtes et étroitement unis de proche en proche, de bas en haut et de haut en bas (inspira-

tion et expiration) ; de là des fibres courtes reliant les segments voisins et, comme les nerfs de ces segments sont peu nombreux, un volume moindre et égal de la moelle entre les deux ganglions des membres (*fig.* 72).

Mais les individualités du membre inférieur sont toutes associées aux individualités situées plus haut (dans la marche), celles du tronc, du cou et de la tête. De là des fibres de plus en plus longues associant le ganglion abdominal aux différents étages du canal vertébral.

Les individualités optiques, étant localisées par les individualités tactiles, sont associées de haut en bas avec les individualités tactiles de tout le corps. De là des fibres d'association longues descendant de la partie supérieure du canal vertébral au renflement cérébral (correspondant aux nerfs optique et olfactif), dans les différents étages de moelle, surtout dans les ganglions cervicaux et lombaires. Ces fibres occupent, dans la moelle, les parties latérales et antérieures (cordons pyramidaux directs et croisés (*fig.* 73).

Mais le membre supérieur ne touche pas seulement, on pourrait dire la rétine (localisation des couleurs ou des images par le tact), il touche aussi toutes les parties du corps. De là des fibres d'association longues partant des différents segments du canal vertébral et venant aboutir dans le ganglion cervical (noyau de Goll). Ces fibres montent pour les parties situées plus bas (cordon de Goll), descendent pour les parties situées plus haut (ruban de Reil). Elles occupent dans la moelle le côté interne et postérieur (*fig.* 73).

Au-dessus de la moelle, le canal rachidien prend un très gros volume dû non seulement à ce que de nombreuses individualités nerveuses traversent le canal à ce niveau, mais surtout aux associations extrêmement nombreuses de ces individualités entre elles et avec les individualités situées plus bas.

Mais si le canal vertébral est très élargi ici, ses parties constituantes, vertèbres, n'en sont pas moins reconnaissables encore; et, comme nous allons le voir plus loin, on peut retrouver, dans le chemin compliqué des individualités nerveuses à ce niveau, la façon de se comporter de ces individualités plus bas.

Deux renflements se remarquent ici, le renflement cérébelleux (bulbe, protubérance et cervelet), inférieur; le renflement cérébral (tubercules quadrijumeaux, corps optostriés et hémisphères), supérieur (*fig.* 72).

Le premier reçoit les nerfs du larynx, du pharynx, du palais, des mâchoires, des joues, de la langue, des lèvres, de la face, des yeux (système extérieur correspondant à la surface extérieure de l'œil et du cristallin), enfin les nerfs de l'oreille externe, moyenne et interne formant deux systèmes comme ceux des yeux. On voit de suite combien multiples sont les associations de ces différents nerfs qui servent à la respiration, à la mastication, à la déglutition, à l'audition, à la phonation et à la parole, combien considérables sont leurs associations avec d'abord les nerfs thoraciques (inspiration et expiration) et avec le système nerveux de l'épithélium interne, le grand sympathique, pour la respiration pulmonaire et par suite pour la circulation, et pour la digestion (par l'intermédiaire du pneumogastrique).

En outre, les nerfs du renflement cérébelleux (bulbo-protubérantiels) sont associés plus haut avec ceux du renflement cérébral (par exemple sont associés aux couleurs, dans la localisation des sons par la vue, et dans le langage écrit, caractères associés aux sons).

Enfin, le renflement cérébral correspond aux deux derniers nerfs, optique et olfactif. Chez l'homme, ce renflement doit son volume énorme surtout au nerf optique. L'association étroite de ce nerf avec tous les autres nerfs, fait du ganglion

cérébral le ganglion principal, celui qui domine tous les autres. Et cette association est multipliée considérablement, chez l'homme, par le langage sous toutes ses formes. C'est, en effet, le langage qui permet aux mouvements extérieurs enregistrés, qui constituent comme nous le verrons plus loin les individualités nerveuses, d'augmenter progressivement la complexité de leurs associations, et, par suite, de réagir d'une façon de plus en plus compliquée les unes sur les autres.

Comment se fait le développement énorme des renflements cérébelleux et cérébral?

Comme ces renflements sont dus à la multiplicité excessive des rapports de leurs fibres nerveuses entre elles et avec celles des autres étages du canal vertébral, la façon de se comporter des fibres nerveuses entre elles et avec leurs fibres d'association, dans la moelle, nous indiquera quelles modifications de forme l'augmentation des associations nerveuses doit amener.

L'association des fibrilles périphériques prolongées, des individualités nerveuses, se fait par l'intermédiaire des cellules où plongent les fibres des cordons longitudinaux comme nous l'avons vu. *Elle se fait donc dans l'intervalle qui sépare les points d'immersion de ceux d'émersion des fibres nerveuses dans la moelle* (*fig.* 74).

C'est donc sur le croissant médullaire que se portera le développement qu'entraînera une augmentation de rapports entre les individualités nerveuses et les fibres d'association. C'est la distance qui sépare les deux racines, postérieure et antérieure, qui augmentera; c'est-à-dire que le croissant accentuera sa courbure pour augmenter ainsi la surface d'association (*fig.* 75).

Enfin, nous avons vu passer beaucoup de fibres des racines postérieures dans l'autre côté de la moelle, aller se mettre ainsi en rapport avec les fibres de ce côté. Il est peu probable que ces fibres, parties d'un membre, aboutissent aux muscles

de l'autre membre pour faire mouvoir une surface ne correspondant pas aux fibrilles excitées (1). Cette disposition, comme du reste le fonctionnement des individualités nous l'indiquera, n'aurait absolument aucun sens. Il est donc probable que les individualités nerveuses, qui ont passé de l'autre côté de la moelle, ne tardent pas à revenir dans leur propre côté pour continuer leur marche vers les muscles, ayant de la sorte simplement pour ainsi dire mêlé les croissants médullaires droit et gauche (*fig.* 79).

Si maintenant le croissant médullaire s'accroît, sa courbure augmentant, la corne antérieure se dirigera en dehors et en arrière, tendant même à venir en dedans (*fig.* 75).

Elle emprisonnera ainsi les fibres contenues dans sa concavité (*fig.* 76), fibres pyramidales (opto-tactiles), qui seront alors repoussées en dedans et en avant (*fig.* 77).

D'un autre côté, la corne postérieure augmentant sa convexité, celle-ci tendra à s'appliquer contre la paroi même de la moelle, et refoulera ainsi les cordons longitudinaux qui passeront en dehors et remplaceront les faisceaux pyramidaux rejetés en avant et en dedans.

La courbure de la corne antérieure augmentant toujours, en même temps que s'accroît le croissant, la pointe de cette corne viendra s'appliquer à la partie interne et postérieure de la moelle, mais en dedans de la corne postérieure (*fig.* 77). Elle sera ainsi séparée du bord médullaire, en arrière, par la corne postérieure, par les individualités nerveuses afférentes se prolongeant en avant pour former cette sorte d'enroulement en

---

(1) Il ne faut pas confondre cette réaction de l'individualité nerveuse seule avec la réaction produite par le fonctionnement de plusieurs individualités nerveuses associées. Dans ce dernier cas, en effet, une partie, éloignée du point périphérique correspondant à l'individualité nerveuse excitée, peut être mise en mouvement.

spirale. On voit que les nerfs efférents seront obligés de perforer le croissant pour sortir du canal vertébral.

L'accroissement se trouve limité en dedans, mais en dehors il peut continuer.

La courbure s'appliquera d'abord contre les parois, refoulant en dedans les faisceaux longitudinaux antéro-latéraux situés en dehors.

Elle se développera ensuite surtout en arrière où elle trouvera moins de résistance qu'ailleurs (en avant et sur les parties latérales se trouve la masse du corps). Ce sera comme une espèce de bourgeonnement bilatéral venant former en arrière des croissants primitifs, en arrière de la moelle première, une sorte de pont qui constituera le cervelet (*fig.* 78 et 80). Chez l'embryon, en effet, le cervelet naît par bourgeonnement latéral de la vésicule postérieure qui est le renflement bulbo-protubérantiel primitif.

Si enfin nous donnons aux individualités nerveuses le même chemin qu'elles ont plus bas, nous verrons les fibres nerveuses de la corne postérieure, afférentes, passer en dedans de la tête de la corne antérieure correspondante, traverser le raphé médian, gagner la grande courbure de l'autre côté, non pour joindre l'extrémité efférente, motrice, de la corne antérieure de ce côté, mais pour retourner dans le raphé, le traverser, atteindre l'extrémité efférente de son propre côté, et de là, enfin, se continuer vers les muscles.

Et si, au lieu de faire revenir par le même chemin les fibres passées dans la courbure de l'autre côté, on leur fait accroître cette courbure, l'accentuer jusqu'à son maximum de telle façon qu'elle enveloppe tout entier l'autre croissant, on aura la représentation exacte du renflement cérébelleux (*fig.* 81 et 82). La tête de la corne antérieure du croissant médullaire ou les noyaux (moteurs) des fibres efférentes seront placés en dedans

et en arrière, suivant une courbe joignant l'olive bulbaire à l'extrémité postérieure du raphé. Ils seront placés en dedans et en avant de la corne postérieure et séparés du bord postérieur de la moelle par les fibres afférentes qui vont au raphé. Ce sont les noyaux du grand hypoglosse, du pneumogastrique (noyau moteur) et du spinal, du moteur oculaire externe, du facial, du trijumeau (branche masticatrice).

Les noyaux (sensitifs) des fibres afférentes (corne postérieure) sont en arrière et en dehors : nerfs glosso-pharyngien, pneumogastrique, acoustique, trijumeau.

Les premiers reçoivent leurs fibres du raphé, et les renvoient, à travers le renflement d'arrière en avant, vers les muscles.

Les seconds envoient leurs fibres au raphé.

Recevant les fibres du raphé, les olives les envoient de chaque côté dans les bras inférieurs du cervelet (pédoncules cérébelleux inférieurs). Ces fibres sont irradiées dans l'écorce du cervelet, passent d'un côté de l'écorce dans l'autre, sortent du cervelet par l'autre bras inférieur du cervelet, contournent l'olive de ce côté, traversent le raphé, et, après s'être jetées dans l'olive d'où elles étaient parties, retournent au raphé; de là elles atteignent les noyaux moteurs de leur côté, et sortent alors du renflement cérébelleux sous le nom de nerfs moteurs.

Montent avec ces fibres, dans le pédoncule cérébelleux inférieur, les fibres d'association de la moelle qui doivent les mettre en rapport avec les individualités situées plus bas (fibres du noyau de Goll, du noyau testiforme, fibres du faisceau cérébelleux direct).

En avant de tout le système cérébelleux sont placées les fibres opto-tactiles (faisceaux pyramidaux).

Au milieu se trouve la continuation des cordons longitudinaux de la moelle. C'est le champ moteur de Meynert. Le

ruban de Reil, continuation des cordons postérieurs de la moelle, constitue une grande partie des fibres longitudinales de cette région. Sur le trajet de la corne antérieure, on rencontre le noyau du cordon latéral où aboutit le faisceau latéral ascendant de la moelle, le réseau latéral du faisceau latéral profond, le réseau central où aboutissent, d'en bas le faisceau fondamental antérieur, d'en haut le faisceau longitudinal postérieur (*fig.* 82).

Les olives bulbaires sont à la hauteur des nerfs pneumogastrique, glosso-pharyngien, acoustique, trijumeau (racine inférieure), grand hypoglosse, nerfs du larynx, du pharynx, du palais, de la langue et de l'oreille. C'est là un groupement très important d'individualités nerveuses. Chez l'homme, il acquiert un degré d'importance beaucoup plus grand que chez les autres animaux, grâce à la parole.

Au niveau du facial, se trouve l'olive supérieure. Le facial et sa partie afférente du trijumeau atteignent une très grande importance chez les animaux dont la face sert beaucoup au toucher et à la préhension. Aussi l'olive supérieure est-elle relativement plus développée chez eux que chez l'homme, et chez eux également beaucoup plus que l'olive inférieure.

Remplaçant les olives, plus haut, ou même entre les deux olives, se trouvent une grande quantité de groupes cellulaires, noyaux protubérantiels, qui se comportent, envers les fibres de la protubérance et des pédoncules cérébelleux moyens, comme l'olive inférieure envers les fibres des pédoncules cérébelleux inférieurs et les fibres arciformes bulbaires.

Ainsi nous voyons que le volume énorme du ganglion cérébelleux est dû au développement considérable du plexus nerveux du croissant médullaire primitif. Ce plexus comprend les olives protubérantielle et bulbaire, les groupes cellulaires des réseaux, les noyaux protubérantiels, puis l'expansion

fibrillaire latérale de ces masses cellulaires allant former le cervelet où l'on retrouve le plexus cellulaire dans les corps rhomboïdes et leurs accessoires (noyau longitudinal et noyau globulaire), et dans les noyaux du toit d'où les fibres sont irradiées, enfin, dans l'écorce grise du cervelet, écorce qui est la dernière et vaste expansion du plexus cellulaire cérébelleux.

Le développement du renflement cérébral est dû, comme celui du renflement cérébelleux, à une sorte de bourgeonnement ou d'invagination qui constitue les hémisphères. Mais nous ne pouvons guère en parler qu'à propos du fonctionnement desind ividualités optiques.

EXPLICATION DES FIGURES

CHAPITRE II (1)

Planche IV

Fig. 26 (Henneguy).
Cellules du parablaste au pourtour du germe (poissons) et sous le germe (ce dernier a été enlevé).

Fig. 27 (Henneguy).
Parablaste *(p)* proéminant parmi les cellules marginales du disque germinatif (truite).

Fig. 30 (Henneguy).
Bord du disque germinatif se repliant (repli ectodermique).

Fig. 34 (Henneguy).
Bords droit et gauche du disque germinatif repliés et marchant l'un vers l'autre (corps postér.).
r ligne de séparation des corps droit et gauche (raphé médian).

Planche V

Fig. 42 à 52 (Henneguy).
Extension du disque embryonnaire (truite) et rapprochement des bords repliés droit et gauche.

Fig. 48 (Henneguy).
Stade F.

Fig. 49. Stade H.

Fig. 53. Schéma d'après les données de von Kowalewski.

Fig. 54. Schéma de Kupffer.

Fig. 55. Schéma d'Œllacher.

CHAPITRE II (2)

Planche VI

Fig. 57 et 58.
Coude formé par les individualités nerveuses dans le canal vertébral.
a fibres afférentes.
e fibres efférentes.
r ligne de séparation des corps droit et gauche (raphé médian).

Fig. 65 (Ranvier).
Fragment de la couche des grains (cervelet); on voit nettement le plexus cellulaire.

Fig. 61. Plexus cellulaire (schématique) de la moelle.
a fibrilles afférentes.
e fibrilles efférentes.

Fig. 62 (Ranvier), 63 (Gavoy), 64 (Jakimovitch).
Cellules nerveuses des cornes ant. de la moelle; les fibrilles ont subi la désagrégation granuleuse en *d*.

Fig. 66. Schéma des connexions des éléments nerveux de l'écorce du cervelet.
A couche des grains.
B couche des cellules de Purkinge.
C couche granuleuse superficielle.

Planche VII

Fig. 71. Système nerveux de termite.

Fig. 72. Schéma des centres nerveux.

Fig. 82 (coupe transversale du bulbe) (demi-schématique).

p pyramides (fibres opto-tactiles).
pd pédoncule cérébelleux infér.
cd faisceau cérébelleux direct.
r raphé médian.
a fibres afférentes.
e fibres efférentes.
ns noyaux des fibres afférentes.
ra fibres afférentes allant par le raphé aux olives opposées (fig. 81).
re fibres efférentes venant par le raphé des olives opposées.
o olives.
rl noyaux du réseau latéral.
rc noyaux du réseau central.
nm noyaux des fibres efférentes.
fd fibres allant de l'olive au cervelet (fig. 81).
fc fibres venant du cervelet et contournant l'olive pour gagner le raphé et l'olive opposée.
fi fibres venant du côté opposé et se jetant dans l'olive, ou allant de l'olive aux noyaux moteurs opposés, ou venant de l'olive opposée et se jetant dans les noyaux moteurs.

CHAPITRE III

LES INDIVIDUALITÉS NERVEUSES SE PROLONGENT DANS LES MUSCLES

A leur sortie du canal vertébral, comme avant d'y pénétrer, les individualités nerveuses sont réunies en gros faisceaux. Ces gros faisceaux prennent, ici, le nom de racines antérieures, de nerfs moteurs.

Mais les individualités nerveuses suivent maintenant un chemin inverse de celui qu'elles ont suivi en convergeant vers le canal vertébral.

Leurs faisceaux divergent et se divisent en branches de plus en plus minces qui finissent par joindre leurs muscles particuliers. Ces muscles sont situés dans les parties sous-tégumentaires voisines des points de la surface d'où partent les individualités nerveuses, et dans une position telle que leur action déplace ces points.

Comme le nombre des muscles est relativement assez limité, les faisceaux d'individualités qui abordent chaque muscle, sont toujours assez volumineux.

Mais, en arrivant dans son muscle, le faisceau d'individualités ne tarde pas à se diviser en branches qui se rendent à des régions musculaires distinctes. Arrivées à leur région musculaire, ces branches nerveuses se divisent elles-mêmes et se subdivisent en rameaux qui gagnent des parties différentes de cette région. Et ainsi de suite, si bien que les faisceaux de fibrilles ne constituent plus que des filets nerveux microscopiques se rendant séparément à des territoires musculaires très

petits, distincts, appelés faisceaux musculaires primitifs. Ces faisceaux musculaires constituent de véritables petits muscles ayant une enveloppe particulière (sarcolemme) qui se continue avec l'enveloppe du filet nerveux (gaine de Henle). « Chez les mammifères et en particulier chez l'homme, pour former un muscle, les faisceaux primitifs se réunissent en groupes distincts que l'on appelle des faisceaux secondaires. Tout autour des faisceaux secondaires il existe une atmosphère plus ou moins considérable de tissu conjonctif dans lequel circulent les artérioles et les veinules. De cette disposition de faisceaux il résulte qu'une coupe transversale d'un muscle de mammifère, étudiée à un faible grossissement, montre une série d'îlots distincts, constitués chacun par un certain nombre de faisceaux primitifs. Dans certains muscles, les faisceaux secondaires forment en se groupant des faisceaux tertiaires. De telle sorte que le muscle tout entier est partagé par une série de départements séparés par des cloisons épaisses de tissu conjonctif. Chacun de ces départements se divise à son tour en départements plus petits, ces derniers eux-mêmes composés de faisceaux primitifs » p. 501. Ranvier.

Les muscles se partagent donc entre les différentes branches de leurs nerfs Une branche nerveuse possède telle étendue de muscle, puis les rameaux de cette branche se jettent chacun dans une partie de ce territoire musculaire; enfin aux ramuscules de ces rameaux appartiennent de petits lots musculaires, faisceaux musculaires primitifs (1). Le faisceau musculaire pri-

(1) Le nerf d'un muscle n'étant qu'un faisceau d'individualités, on comprend que même si les branches d'un même nerf musculaire s'anastomosaient, les individualités nerveuses ne s'en rendraient pas moins en fin de compte à des parties musculaires distinctes, mais alors, par un chemin plus ou moins détourné. En d'autres termes les branches nerveuses pourraient même mélanger leurs ramifications que

mitif occupe une bonne longueur sinon toute la longueur du muscle, et il reçoit par conséquent, à différentes hauteurs, des ramuscules de branches nerveuses différentes. Nous allons voir plus bas (expérience de M. Chauveau) qu'il n'est pas besoin de limite conjonctive pour établir le partage musculaire entre ces branches.

Mais la division nerveuse et la division musculaire ne s'arrêtent pas au faisceau musculaire primitif. Fait à prévoir puisque le filet nerveux, qui aborde le faisceau musculaire primitif, est un petit faisceau d'individualités nerveuses qui, parties de points distincts de la périphérie et correspondant à des impressions différentes, doivent, par suite, donner des réactions distinctes. Le faisceau musculaire primitif et son filet nerveux se comportent, en effet, comme le muscle lui-même et son nerf. Le filet nerveux se divise soit avant de pénétrer sous l'enveloppe du faisceau musculaire, soit après avoir pénétré sous cette enveloppe ; ses individualités nerveuses se séparent par groupes de plus en plus menus et prenant des directions différentes. De même le faisceau musculaire se divise en fibrilles.

C'est là, on le comprend, le dernier terme de la division musculaire et nerveuse.

Ainsi le muscle, pas plus que la fibre ou la cellule nerveuses, ne constitue une individualité. Sa masse se divise en parties bien distinctes, et cette division marche parallèlement à celle du nerf. La division de l'un correspond donc d'une façon absolue à la division de l'autre, c'est-à-dire que l'individualité

---

le muscle n'en serait pas moins partagé entre les individualités nerveuses ; mais les rapports que les individualités nerveuses ont entre elles, dans le muscle, ne devanceraient pas l'entrée de ces individualités dans le muscle. Ce serait un véritable plexus nerveux musculaire analogue aux plexus fibrillaires épithéliaux. Ce plexus nerveux musculaire existe même entre fibrilles, nous le verrons plus loin.

musculaire ou le dernier élément de la division du muscle, la fibrille musculaire, correspond à l'individualité nerveuse, la fibrille nerveuse.

Le partage de la masse musculaire entre les individualités du nerf ressort de l'examen anatomique pur. Il est mis en évidence aussi physiologiquement. Telle est la déduction qui résulte de l'expérience suivante de M. Chauveau (1) : le nerf du sterno-mastoïdien du cheval traverse l'aponévrose musculaire vers le tiers supérieur du muscle, et aussitôt se divise en trois branches qui gagnent le muscle, l'une, dans son tiers supérieur, l'autre, dans sa partie moyenne, la troisième, dans son tiers inférieur. En agissant sur l'une ou l'autre de ces branches nerveuses, à l'exclusion des autres branches, et en adaptant au muscle un appareil enregistreur spécial, propre à signaler les mouvements musculaires locaux, M. Chauveau a constaté que, lorsque le muscle se contractait, le raccourcissement avait lieu uniquement dans la région où se rendait la branche nerveuse excitée.

Or, comme chaque rameau de ces branches et les divisions de ce rameau se distribuent à des régions distinctes du muscle, se comportant ainsi comme les branches elles-mêmes, il est évident que si l'expérience portait sur eux, le même phénomène que précédemment se produirait : une contraction limitée à la région où se distribue le rameau nerveux sur lequel on agit. De telle sorte que si l'on pouvait agir sur les filets nerveux des faisceaux musculaires primitifs, on déterminerait des contractions limitées à ces faisceaux musculaires. Enfin, le filet nerveux du faisceau musculaire primitif étant un simple faisceau d'individualités nerveuses suivies depuis la périphérie

(1) Arch. de physiol. norm. et path. Janvier et avril, 1889. De l'inervation partielle des muscles.

jusqu'à ce faisceau musculaire, et le caractère ou plutôt la raison de ces individualités étant leur fonctionnement distinct, si l'on pouvait agir sur ces individualités, sur les fibrilles des filets nerveux des faisceaux musculaires primitifs, on produirait encore des contractions limitées dans ces faisceaux, contractions microscopiques du muscle correspondant au fonctionnement distinct de chaque individualité nerveuse.

Il faut remarquer qu'il n'est pas besoin de limite conjonctive pour partager la substance musculaire entre les fibrilles nerveuses, puisque les faisceaux musculaires primitifs, qui ont une gaine spéciale, sont presque aussi longs sinon aussi longs que le muscle, et que les branches différentes, sur lesquelles agit M. Chauveau, se rendent à des hauteurs différentes du même faisceau musculaire primitif.

Il est impossible de saisir, avec la technique histologique actuelle, les rapports complets entre les fibrilles nerveuses du filet nerveux du faisceau musculaire primitif et les fibrilles musculaires de ce faisceau. Les fibrilles libres, isolées, dénuées de gaine et d'enveloppe graisseuse, deviennent d'une très grande fragilité. Il faudrait pouvoir les saisir rapidement avec des réactifs pas assez puissants pour les détruire. Or, les plus faibles des réactifs actuellement employés modifient considérablement les fibrilles. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder les habiles préparations de M. Ranvier. Les fibrilles y sont fragmentées, gonflées par endroits, très rétrécies dans d'autres, ou bien encore elles sont absolument déchiquetées.

Dans les faisceaux musculaires des batraciens, on suit les fibrilles dans une certaine longueur (buissons de Kühne), ce qui tient probablement à ce que le filet nerveux se divise avant de pénétrer sous l'enveloppe du faisceau musculaire primitif, et que les petits groupes de fibrilles résultant de cette

division, et qui filent le long du faisceau musculaire, sont encore enveloppées de myéline.

Chez les mammifères le filet nerveux, après s'être divisé ou non avant de pénétrer sous l'enveloppe du faisceau musculaire primitif, se divise sous cette enveloppe en petits faisceaux de fibrilles qui divergent. Cet apport, sur un point limité du faisceau musculaire, de fibrilles nerveuses, et l'éparpillement précoce de ces fibrilles forment, à l'endroit où pénètre le filet nerveux, une petite éminence (plaque motrice). Après un certain nombre de divisions successives, les fibrilles subissent les altérations que nous avons signalées et semblent se terminer. Mais on peut remarquer entre elles et sous elles une substance granuleuse non séparée du faisceau musculaire par une enveloppe et, par suite, semblant faire corps avec ce faisceau; cette même substance granuleuse peut être suivie entre les fibrilles musculaires où elle est attenante à quelques noyaux; elle forme ainsi comme un réseau protoplasmique à l'intérieur même du faisceau musculaire. Gerlach voit, dans ce réseau, à tort d'après M. Ranvier (p. 814), les prolongements des dernières ramifications du buisson de Kühne qui formeraient alors plutôt un plexus (plexus intra-vaginal). Nous ferons remarquer que cette substance protoplasmique granuleuse se trouve partout où les fibrilles disparaissent par altération soit dans les cellules, soit dans les cylindres-axes. L'on voit souvent, dans les cellules nerveuses, les fibrilles des prolongements s'arrêter à leur entrée dans la cellule et être remplacées alors par les granulations protoplasmiques libres. Nous avons déjà indiqué — et nous aborderons plus loin, en détail, cette question (chap. IV) — que le noyau des cellules est fibrillaire et ne se distingue pas des fibrilles des cellules; sa délimitation nette et son apparence granuleuse résultent donc de ce que les molécules protoplasmiques deviennent libres et n'affec-

tent plus la forme fibrillaire. Cette disposition se distingue bien sur les figures 64, 91, 92 où l'on voit nettement les stries de la cellule s'arrêter au noyau (p. 144 Jakimovitch). Il est donc à supposer que la substance granuleuse de l'éminence motrice résulte de l'altération des fibrilles de même que la substance granuleuse qui se remarque à l'intérieur du faisceau musculaire et est attenante à des noyaux. Gerlach aurait donc raison, et les noyaux des faisceaux musculaires primitifs constitueraient autant de petits centres cellulaires d'entrecroisement de fibrilles, une sorte de plexus cellulaire où passeraient les fibrilles nerveuses avant de se mettre en rapport direct avec les fibrilles musculaires. Et si nous remarquons que les fibrilles musculaires proviennent d'une cellule, sont partie intégrante d'une cellule, comme le démontre le développement embryonnaire des faisceaux musculaires primitifs, nous voyons déjà que les fibrilles nerveuses, qui font corps avec la cellule musculaire, font corps par suite avec les fibrilles musculaires, appartiennent à un même système.

Mais le rapport intime entre les fibrilles nerveuses et les fibrilles musculaires, si impossible à voir actuellement sans le microscope, se déduit clairement de leur fonction et de leur structure.

Nous avons montré que, anatomiquement et physiologiquement, la masse musculaire se partage entre les individualités nerveuses. Or, dans un faisceau musculaire primitif, les fibrilles musculaires sont beaucoup plus nombreuses que les fibrilles du filet nerveux qui aborde ce faisceau musculaire; donc, à chaque fibrille nerveuse correspondent par exemple dix, vingt fibrilles musculaires, si les fibrilles musculaires sont dix, vingt fois plus nombreuses que les fibres nerveuses. Puis, comme chaque fibrille nerveuse agit uniquement sur son lot de fibrilles musculaires, il faut que le processus physiologique

spécial à la fibre nerveuse passe sur telle et telle fibrille musculaire de son lot et non sur les fibrilles musculaires du lot voisin; il faut donc que les fibrilles musculaires d'un même lot soient reliées entre elles, qu'elles forment, dans leur ensemble, un seul conducteur, qu'elles soient, en un mot, en continuité entre elles. Et, enfin, pour que le processus physiologique puisse passer d'une fibrille musculaire dans une autre fibrille musculaire, puis dans une autre, etc., du même lot, il faut que la fibrille nerveuse elle-même se continue avec l'une seulement des fibrilles musculaires de son lot.

Les fibrilles musculaires, qui semblent isolées, doivent donc être en réalité unies bout à bout comme les fils d'un fuseau par exemple, et en continuité avec la fibrille nerveuse. De telle sorte que les fibrilles musculaires ne sont en réalité que les fibrilles nerveuses enroulées sur elles-mêmes un certain nombre de fois et formant ainsi des fuseaux massés les uns contre les autres, formant ainsi de véritables multiplicateurs organiques et physiologiques.

En effet, si le mouvement, qui est l'expression du processus physiologique, est représenté par 1, dans la fibrille nerveuse non enroulée, et si l'enroulement de la fibrille sur elle-même a lieu 10 fois, par exemple — c'est-à-dire si 20 fibrilles musculaires correspondent à une fibrille nerveuse — ce même mouvement sera représenté par 20 dans le muscle; pour deux fibrilles nerveuses, il sera multiplié 40 fois dans le muscle; pour dix fibrilles, 200 fois, etc. Il est donc aisé de comprendre comment le mouvement microscopique des disques des fibrilles nerveuses (voir plus loin) peut acquérir une amplitude très grande, l'amplitude des mouvements d'un muscle.

Enfin, si les individualités nerveuses, par leur enroulement autour d'elles-mêmes, constituent les muscles, les fibrilles nerveuses doivent avoir la même structure et le même mode de

fonctionnement que les fibrilles musculaires. C'est, en effet, ce que démontrent les belles recherches de Jakimovitch.

« Les fibrilles primitives sont composées de deux substances qui diffèrent par leurs qualités physiques et chimiques. La solution de nitrate d'argent d'une certaine concentration, en agissant spécifiquement sur une de ces substances, la colore en brun foncé, et n'agit pas sur l'autre ». (De même pour les muscles.) « Ces deux substances de la fibrille nerveuse sont disposées de telle façon qu'à la substance claire succède la substance sombre, ensuite la claire à la sombre, etc. Par suite de ce groupement de deux substances, la fibrille nerveuse primitive présente tout à fait la même apparence que la fibrille des muscles striés ». P. 166, Jakimovitch. (Planche VIII.)

De même que les stries sombres du faisceau musculaire primitif peuvent se décomposer en disques plus minces, de même les stries sombres, épaisses du cylindre-axe peuvent se décomposer en disques moins épais (p. 153).

« La substance qui se colore par le nitrate d'argent est dense, élastique, plus solide que la substance claire » (comme dans la fibrille musculaire). « Après une longue macération dans l'eau acidulée, les deux substances se séparent, et la fibrille primitive se réduit en particules nerveuses foncées » (comme les sarcous éléments du faisceau musculaire primitif (*fig.* 90).

« Les particules nerveuses sont dispersées en désordre dans le cylindre-axe et dans la cellule à l'état de repos (ou de mort) leur donnant une forme granuleuse; de même pour les fibrilles musculaires inertes; mais on sait que la vitalité de celles-ci est très énergique probablement en raison de leur disposition particulière. « A l'état d'activité, les particules nerveuses se groupent de manière qu'elles produisent par leur association les stries transversales sombres, séparées l'une de l'autre par des inter-

valles clairs » p. 166. Voici des faits probants : « ... Je dois ajouter que mes premières recherches furent faites sur des grenouilles qui avaient passé l'hiver dans le laboratoire ; elles étaient très maigres et affaiblies. En observant ponctuellement les indications de Grandry, je n'obtenais pas, à mon grand étonnement, de striation transversale, ou je la trouvais faiblement marquée et sur une partie seulement du cylindre-axe ; la plupart des cylindres-axes n'étaient que granuleux. Supposant que la rareté des lignes de Frommann dépendait du repos prolongé des grenouilles et de la faible activité des nerfs, j'employais les courants induits de force moyenne pendant quelques minutes, et après avoir tué l'animal et traité les nerfs par le nitrate d'argent, je trouvais, en les examinant, un nombre plus grand de cylindres-axes avec la striation transversale bien accentuée et sur une plus grande étendue. Ce fait est très intéressant, surtout par son analogie avec le phénomène bien connu que les muscles striés des grenouilles qui ont passé l'hiver dans les laboratoires, ne présentent pas aussi quelquefois de striation transversale » (p. 151).

La striation la plus serrée — rapprochement des disques et diminution de leur hauteur — se remarque dans les cylindres-axes tout à fait frais et qui ont été saisis fonctionnant (*fig.* 84). (Il en est de même pour les muscles.) L'expérience citée précédemment le prouve, mais voici une autre expérience ingénieuse : « J'ai cousu solidement les paupières de l'œil d'une grenouille et les ai enduites d'une couche de vernis copal coloré, l'autre œil restant intact. Environ 8 à 10 jours après, je tuai la grenouille en faisant attention à ce que la rétine de l'œil sain reçut de la lumière au moment de la mort, puis je coupai de petits morceaux de nerfs optiques depuis le chiasma jusqu'à leur entrée dans l'orbite, et je les traitai avec le nitrate d'argent. En comparant ensuite le nerf optique qui fonctionnait

au moment de la mort avec celui qui, comme nous le savions positivement, était depuis longtemps en repos, je trouvai dans le premier une striation transversale fine, épaisse, distinctement accusée sur une grande étendue dans la plupart des cylindres; tandis que dans le second, je la rencontrai par endroits seulement, et même il n'était pas rare qu'aucun cylindre ne portât trace de cette striation ; les stries étaient larges, granuleuses, indistinctes et occupant une petite étendue » p. 156.

Jakimowitch a tort de dire que la striation transversale ne se remarque que dans les fibrilles nerveuses fonctionnant, il serait plus juste de dire vivantes, et alors à l'état de repos et de fonctionnement. Car l'idée de vie ne saurait être séparée de celle de fonctionnement; et le repos absolu, ou l'absence totale de fonctionnement, n'est pas compatible avec la vie. De même qu'il y a une simple graduation d'activité entre l'état dit de repos et celui de fonctionnement de la substance vivante, de même il doit y avoir une simple différence d'accentuation dans la striation des fibrilles nerveuses en repos ou fonctionnant, mais cette striation doit toujours exister, faible ou très accentuée, tant que l'individualité nerveuse est vivante. Au reste, lorsque Jakimowitch coupe le nerf optique — qui « fonctionnait » — en petits morceaux, avant de fixer sa structure par le nitrate d'argent, à ce moment précis le nerf ne « fonctionne » pas précisément, mais cependant il peut vivre encore.

Dans l'expérience précédente, les individualités optiques qui ne « fonctionnaient » pas, au moment de la mort, avaient certainement, avant la section du nerf optique, une structure striée, mais très peu prononcée et qui a disparu très rapidement après la section du nerf optique; c'est-à-dire que les individualités optiques, moins actives que les autres qui « fonctionnaient » au moment de la mort de la grenouille, sont

mortes plus rapidement. Voilà pourquoi Jakimovitch y a rencontré des striations lâches et peu nombreuses.

En somme, ce qui caractérise l'individualité nerveuse au point de vue anatomique, c'est la striation. Plus l'individualité nerveuse est vivante ou active, plus cette striation est fine et serrée. Au contraire, plus l'individualité nerveuse est affaiblie et proche de sa mort, plus sa striation est lâche et tend à disparaître, plus les molécules protoplasmiques des disques fibrillaires tendent à devenir libres. Cette façon de se comporter de l'individualité nerveuse est bien indiquée dans les figures de la planche VIII (*fig.* 86, 87, 88).

On remarquera que l'individualité nerveuse étant tuée rapidement par le nitrate d'argent, il n'y a que la partie de l'individualité qui a été atteinte la première par le réactif qui soit fixée. Le reste de l'individualité est déjà mort lorsqu'il est atteint par le nitrate d'argent; et par suite sa structure, qui correspond à l'état vivant, ne peut être saisie. Dans les cellules nerveuses des centres, par exemple (*fig.* 91), le nitrate d'argent fixe les fibrilles de la surface à la profondeur; aussi a-t-il peu de chances d'atteindre vivante la partie centrale de la cellule; c'est pourquoi cette région n'est pas fixée, d'autant plus qu'elle tend à s'isoler elle-même par rupture des fibrilles contractées.

Enfin les parties dont le fonctionnement est le plus actif, dont la vitalité est la plus énergique, conservant plus longtemps leur striation transversale, les muscles, dont la vitalité est de longue durée présentent, longtemps après la mort de l'individu auquel ils appartiennent, la striation transversale; et, par ordre de vitalité, c'est dans les cellules de la corne antérieure de la moelle, puis dans les nerfs moteurs et les nerfs sensibles qu'on observe le plus facilement la striation transversale. Ce sont là des parties de mêmes individualités, et

l'on ne comprend guère, au premier abord, pourquoi telle partie d'une individualité fonctionne davantage ou moins que telle autre partie de la même individualité. Mais nous indiquerons plus loin que l'individualité nerveuse se réduit normalement et que, par suite, des parties de cette individualité peuvent fonctionner plus ou moins que les autres; ensuite, dans le muscle, l'activité et par conséquent la vitalité des individualités nerveuses sont considérablement multipliées.

Nous pouvons maintenant résumer ce chapitre par les trois propositions suivantes :

1° La structure des muscles, la distribution anatomique et physiologique des nerfs dans les muscles, le fonctionnement particulier à chaque individualité nerveuse indiquent que la substance musculaire est partagée entre les individualités nerveuses.

2° Le partage des fibrilles musculaires du faisceau primitif entre les individualités nerveuses qui atteignent ce faisceau primitif nécessite la continuité bout à bout d'un certain nombre de fibrilles musculaires entre elles et avec une individualité nerveuse qui de la sorte s'enroule sur elle-même pour constituer le muscle. Le muscle est donc constitué par les individualités nerveuses enroulées sur elles-mêmes en forme de fuseau et massées les unes contre les autres.

3° Cette façon de se comporter de l'individualité nerveuse est justifiée par (*a*) la structure semblable des fibrilles nerveuses et musculaires composées de disques obscurs et épais alternant avec des disques clairs, et par (*b*) le fonctionnement de ces fibrilles qui se traduit par le rapprochement plus ou moins énergique des disques obscurs (1).

---

(1) L'analyse chimique des diverses parties de l'individualité nerveuse, muscles, nerfs, centres nerveux, épithéliums, n'est guère démonstrative, car l'individualité

Ainsi, comme les premiers développements embryonnaires nous l'avaient fait prévoir, les individualités nerveuses, les individualités épithéliales périphériques prolongées, après

---

nerveuse, dans toute sa longueur, est en rapport avec des milieux différents dont il est impossible de la séparer. Dans les épithéliums, en outre des produits particuliers qui résultent de la mortification des cellules superficielles et de ceux qui résultent du fonctionnement de glandes spéciales (épiderme), il existe un tissu connectif spécial dénoté par les cellules de soutènement et les cellules migratrices. Dans les nerfs, le tissu connectif est rare, mais la lymphe et surtout la myéline sont abondantes. Dans les centres nerveux, la graisse est en quantité considérable et il existe un tissu conjonctif spécial, la névroglie. Enfin, dans les muscles, on rencontre peu de graisse, de tissu conjonctif et de lymphatiques, mais la disposition de l'individualité nerveuse, son activité et sa vitalité spéciales, doivent influencer particulièrement la façon de se comporter des albuminoïdes entre eux et vis-à-vis des réactifs.

Peut-être la réaction chimique provenant du fonctionnement de l'individualité nerveuse pourrait-elle être plus démonstrative. Et de fait, cette réaction est la même dans les muscles, les centres nerveux et les nerfs : elle est acide ; elle est produite surtout par le développement d'acide lactique (Du Bois-Raymond, Gscheidlen, 1876) et d'acide phosphorique (Moleschott, 1886).

Enfin, nous rappellerons qu'à l'état de repos comme à l'état d'activité, les nerfs et les muscles présentent les mêmes manifestations électriques.

Quant à ce qui est de la sensibilité, il n'est pas douteux que le nerf moteur et le muscle ne soient sensibles. On ne voit pas, du reste, pourquoi le nerf moteur, qui a la même composition et la même structure que le nerf sensible, ne serait pas sensible comme ce dernier, et pourquoi le muscle, si excitable, ne le serait pas non plus.

Mais la sensibilité ne se manifeste, bien entendu, qu'avec le mouvement physiologique : or, ce mouvement ne se produit pas du nerf moteur ou du muscle vers les centres nerveux, il n'est donc pas étonnant qu'une excitation du bout central d'un nerf moteur, ou la section d'un muscle, ne produise pas des phénomènes de sensibilité.

Maintenant pourquoi ne se produit-il pas, dans ce cas, de mouvement physio-psychique ? Très probablement parce que l'excitation opère dans un sens opposé à celui de l'anse réflexe, du mouvement physio-psychique. Il y aurait alors inhibition complète de tout mouvement physio-psychique.

avoir traversé le canal vertébral, retournent à la périphérie pour constituer, sous les surfaces, les masses musculaires.

Nous verrons dans le chapitre suivant que cette constitution de l'individualité nerveuse est confirmée par la nature même de cette individualité. Nous verrons en même temps que l'individualité nerveuse ne se termine pas dans le muscle, mais revient à la surface.

EXPLICATION DES FIGURES

CHAPITRE III

Planche VIII (Jakimowitch).

Fig. 84, 85, 86, 87.
Cylindres-axes pris à des phases différentes d'activité.
La striation la plus fine et la plus serrée correspond aux cylindres-axes les plus actifs.

Fig. 87.
Cylindre-axe isolé de la moelle épinière de l'homme, 36 heures après la mort.

Fig. 88.
Cylindres-axes de la moelle épinière de la grenouille après plusieurs congélations et dégels successifs.

Fig. 89, 90.
Cylindres-axes dissociés (faisceaux de fibrilles).

Fig. 91, 92.
Cellules nerveuses des cornes antérieures de la moelle épinière du bœuf.

CHAPITRE IV

LES INDIVIDUALITÉS NERVEUSES RETOURNENT A LA SURFACE ET FORMENT AINSI DES ANSES RÉFLEXES PHYSIO-PSYCHIQUES.

1. Pour résoudre la question du mode de terminaison de l'individualité nerveuse que nous avons vue s'enrouler dans le muscle, il faut d'abord considérer la nature de cette individualité.

Les individualités nerveuses fonctionnent sous l'influence des forces ou des mouvements extérieurs. De telle façon que lorsqu'un mouvement extérieur atteint la surface du corps au point initial d'une individualité nerveuse, celle-ci est parcourue par un mouvement qui commence au point excité de la périphérie et se propage dans toute l'étendue de l'individualité. De sorte que, en réalité, c'est le mouvement extérieur qui, atteignant la surface du corps, se propage dans toute l'étendue de l'individualité nerveuse. En d'autres termes le mouvement extérieur s'enregistre dans la substance organique.

Les individualités nerveuses sont donc des mouvements extérieurs enregistrés. L'organe résulte, ici, de la fonction : la fonction est le mouvement extérieur qui atteint la masse protoplasmique, la parcourt en groupant les molécules protoplasmiques et constitue ainsi l'individualité nerveuse (*fig.* 93).

Mais nous avons vu que l'individualité nerveuse, s'enroulant sur elle-même dans le muscle, le mouvement de cette individualité se multiplie et acquiert une intensité capable de

déplacer le point de la surface sur lequel agit la force extérieure.

Ainsi le mouvement extérieur, qui constitue l'individualité nerveuse, acquiert, au bout d'un certain temps, assez d'intensité pour déplacer la masse protoplasmique dans laquelle il s'enregistre; il se trouve ainsi agir sur un point nouveau de cette masse protoplasmique et ainsi continuer à s'enregistrer dans cette masse.

En somme le mouvement extérieur déplace la masse protoplasmique de façon qu'il s'y enregistre le plus possible.

Le mouvement qui commence en A *se transporte* donc ou se continue en B (*fig.* 93 et 95).

A priori donc l'individualité, qui représente le mouvement qui commence en A, doit se continuer avec l'individualité qui lui succède et qui représente le même mouvement en B. *A priori* donc, l'individualité nerveuse, après s'être enroulée dans le muscle, doit revenir à la surface par le même chemin qu'elle a déjà suivi, mais en sens inverse, pour se continuer avec l'individualité nerveuse voisine qui lui succède.

Les individualités nerveuses forment ainsi des anses se continuant à la périphérie et dont le centre est dans les muscles. Nous pouvons les appeler *anses réflexes*.

Au point de vue physiologique, les individualités nerveuses, se continuant, doivent commencer où les autres finissent, ou finir où les autres commencent; or toutes les individualités commencent à la périphérie, donc toute individualité nerveuse doit se terminer à la périphérie, au point même où commence l'individualité qui lui succède. Si l'on objectait que les individualités pourraient être enroulées dans le muscle de telle façon que l'une ne puisse fonctionner qu'après l'autre, nous ferions remarquer que les individualités peuvent fonctionner en dehors des muscles (se réduire), qu'ensuite les individualités

associées d'une même surface tactile se partagent entre des muscles différents, éloignés, représentant des directions primitives (voir plus loin, 2).

Au point de vue physique, le mouvement qui a lieu dans l'individualité nerveuse, sous l'action de la force extérieure, se continuera encore quand cette force n'agira plus sur l'individualité nerveuse déplacée et il se continuera où évidemment les molécules protoplasmiques sont le plus sollicitées au mouvement, c'est-à-dire le long de l'individualité nerveuse elle-même et vers le point d'application nouveau de la force extérieure. Donc, le mouvement se terminera en revenant à la surface, vers la nouvelle individualité qui va commencer.

Essayons d'expliquer ce fait d'une façon plus précise.

Lorsque l'individualité nerveuse est au repos, les molécules protoplasmiques sont écartées les unes des autres. Au contraire, quand la force extérieure agit sur elle, elles se rapprochent et se groupent (voir planche VIII).

La force extérieure a donc pour résultat de rompre l'énergie qui les tient écartées ou d'augmenter l'attraction des molécules les unes pour les autres. Si 4, par exemple (*fig.* 94), reste écartée de 3 et de 5, c'est qu'elle est également attirée par 3 et par 5; de même, l'action de 12 est contrebalancée par une attraction extérieure, x. De même, 4 exerce une attraction sur 3, 5 et 12, de telle sorte que ces molécules sont écartées de 2, de 6 et de 20.

Mais qu'une force extérieure agisse sur 4 de façon, par exemple, à lui enlever l'attraction x, l'équilibre sera rompu; 4 et 12, s'attirant mutuellement, s'uniront; l'action de 3 et de 5 sur 4 sera en même temps diminuée; 20, libre, attirera et sera attirée par 28, etc. On aura ainsi un mouvement allant de x à 44 et se traduisant par le rapprochement des molécules.

Si, au lieu de porter sur 4 seulement, la force extérieure

agit aussi sur 3; 3 et 4, débarrassées de leurs forces attractives x' et x, et tendant à devenir libres du côté de 2 et de 5, s'uniront ensemble et à 11 et 12 chacune (*fig.* 94); 19 et 20, 27 et 28, etc., s'uniront de la même façon, suivant la direction de la force extérieure.

Admettez maintenant qu'à partir de 35, 36, 43, 44, la totalité des mouvements ou des contractions moléculaires soit assez intense pour amener le déplacement de la masse entière : la force extérieure, qui agissait sur 3 et 4, sera déplacée (relativement). Mais le mouvement initial ne s'en continuera pas moins encore un peu en raison des forces attractives mises en liberté.

Déjà 5, 13, 21, 29, 35, 45 tendent à devenir libres du côté des molécules rapprochées. Si la force est transportée de gauche à droite par exemple, son déplacement, étant produit par le mouvement de la masse protoplasmique sous l'influence de la contraction arrivée en 43, 44, son déplacement durera tant que cette contraction augmentera encore. La force agira donc sur les molécules situées de gauche à droite, et dans sa direction; et ces molécules tendront à se mettre en liberté comme dans la colonne précédente; mais la force continuant à se déplacer, cette tendance, tout en se propageant vers la profondeur, ne passera pas à l'acte.

Cependant 45 tendant à se mettre en liberté au moment où la contraction atteint 44; et 46 tendant également à devenir libre sous l'influence de la force déplacée, c'est ici que la contraction ou le mouvement continuera; 45 et 46 s'uniront à 37 et 38; 29 et 30 à 21 et 22; 13 et 14 à 5 et 6. Alors la contraction commencée en 3 et 4 se termine; le déplacement de la force cesse, et celle-ci peut alors agir sur 7 et 8, comme elle a agi sur 3 et 4, en produisant une nouvelle anse.

La seconde branche de l'anse, formée par les molécules rapprochées lors du mouvement de retour, s'écartera de la

première en raison du déplacement de la force extérieure à la surface. La figure (95) fera bien comprendre cette disposition.

L'anse réflexe si étendue des animaux complexes ne s'est pas constituée évidemment d'emblée; elle résulte de la fusion d'anses réflexes voisines, fusion due très probablement aux fonctionnements successifs et solidaires d'individualités plus petites et appartenant aux cellules sous-jacentes et contiguës (*fig.* 96).

Maintenant que se passe-t-il quand les molécules protoplasmiques, écartées et en équilibre, sont attirées les unes vers les autres?

Sous l'influence d'une force extérieure, une force attractive, qui tenait éloignée une molécule d'une autre, disparaît, et celle-ci, libre de ce côté, attire la molécule qui l'attirait elle-même. En quoi consiste cette force attractive qui disparaît? C'est très probablement un élément de cette molécule.

Les corps chimiques, en effet, sont constitués par de purs groupements d'éléments moléculaires. Ces groupements peuvent se défaire, échanger leurs éléments, mais ces éléments, eux, jamais ne disparaissent ou se fusionnent entre eux; ils restent toujours distincts, et peuvent, à chaque instant, quitter un groupement pour entrer dans la constitution d'un autre groupement, donner lieu à des formes nouvelles plus ou moins complexes et durables.

Ce sont donc les échanges des éléments qui constituent les mouvements; c'est l'attraction des éléments moléculaires qui forme l'attraction des molécules.

Soit par exemple deux molécules A et B (*fig.* 97) (C unie à 4 H). Enlevez H^1 à A; H^2 ou H^4 prendra la place de H^1; H^3 de $H^{2'}$; $H^{1'}$ de B, attirée par C, prendra la place de H^3 de A; $H^{2'}$ remplacera $H^{1'}$, et $H^{3'}$ succèdera à $H^{2'}$. Puis B agira de même sur une autre molécule, et ainsi de suite. De sorte que le mou-

vement ira de A en B, en C, en D, etc. Il sera constitué par l'échange de l'élément H entre les molécules.

Si nous considérons d'un autre côté que l'attraction des molécules entre elles dépend de l'attraction des éléments de ces molécules, nous conclurons que celles-ci se comportent entre elles, en somme, comme des molécules simples, nous les verrons s'équilibrer ou se grouper lors de l'échange de leurs éléments ou d'un changement dans leurs attractions, c'est-à-dire dans leur équilibre, se grouper enfin par petits lots comme les molécules simples que nous avons examinées plus haut. Et plus l'échange des éléments sera rapide, plus les molécules seront rapprochées entre elles et par groupes.

Ainsi tout mouvement, d'après la constitution des corps chimiques qui ne sont que des groupes d'éléments, correspond à des échanges d'éléments moléculaires qui, à l'état de repos, sont en équilibre.

Et de cette proposition il est logique de déduire qu'il existe autant de mouvements distincts qu'il y a d'éléments distincts échangés, et, inversement, que les mouvements lumineux, les mouvements sonores, les mouvements thermiques, les mouvements électriques, etc., tous mouvements distincts, correspondent à des éléments distincts.

La pesanteur elle-même doit être constituée par des mouvements distincts, continus, par une sorte de contraction permanente d'éléments spéciaux.

On voit que les corps chimiques dits simples comme l'oxygène, l'hydrogène, etc., sont en réalité des corps composés : colorées ou conductrices de la lumière, conductrices de la chaleur, de l'électricité, du son, leurs molécules contiennent par conséquent des éléments lumineux, caloriques électriques, sonores.

On peut objecter que les mouvements extérieurs distincts

ne correspondent pas à des éléments spéciaux, mais résultent des rapports différents de mêmes éléments.

Mais les rapports de mêmes éléments pourraient varier à l'infini, que ces éléments en activité n'en seraient pas moins toujours un même élément en mouvement; et, comme le mouvement n'est rien par lui-même, est tout entier dans son élément, il y aura toujours un même mouvement. Ce mouvement pourra varier en intensité, en direction, mais il n'en demeurera pas moins le mouvement d'un même élément, ou le même élément en activité.

Mais nous avons la preuve indubitable qu'aux mouvements spéciaux extérieurs correspondent des éléments spéciaux, et nous connaissons la nature même de ces éléments (leur subjectivité). En effet, puisque les mouvements extérieurs se continuent dans le protoplasma, forment les anses réflexes, constituent les mouvements physio-psychiques si chaque mouvement extérieur spécial a un élément spécial, aux anses réflexes spéciales, aux mouvements physio-psychiques spéciaux doivent correspondre des éléments spéciaux qui sont précisément les éléments des mouvements extérieurs.

Or, ces éléments spéciaux existent, en effet, pour chaque anse réflexe spéciale, pour chaque mouvement physio-psychique spécial.

On voit donc que les éléments des mouvements extérieurs sont extrêmement variés comme ces mouvements et que leur nature subjective est psychique.

La constitution de l'individualité nerveuse nous permet donc d'établir la nature de cette individualité, et cette nature, en même temps qu'elle nous amène à la notion de la structure complète de l'individualité nerveuse, nous conduit à celle de l'unité des éléments des choses.

Ainsi, par exemple, le rayon lumineux spécial, qui parcourt

les espaces, vient constituer une individualité optique spéciale, un mouvement physio-psychique optique spécial dont les éléments lumineux sont évidemment de même nature que les éléments lumineux de la partie extérieure du même mouvement. Du reste, nous allons voir plus loin que le mouvement lumineux a à peu près la même vitesse dans le protoplasma que dans l'air.

Les différents éléments psychiques qui composent les choses, en rapport les uns avec les autres, entrent en conflit, se mélangent, s'associent, forment des composés, des associations plus ou moins complexes qui sont les corps chimiques. Les mouvements expriment ces conflits : ce sont les éléments sortant d'une association pour entrer dans une autre, ou inversement. Mais les associations premières, en rapport, en amènent d'autres plus complexes et ainsi de suite. De sorte que le conflit des éléments psychiques va croissant et que leur association va augmentant. Les mouvements psychiques ou physio-psychiques (mot traduisant leur subjectivité et leur objectivité) deviennent donc de plus en plus complexes : en agissant, par exemple, sur les substances chimiques ou en pénétrant dans des associations d'éléments psychiques, ils tendent à produire de nouvelles associations, à compliquer la composition chimique ou l'association des éléments psychiques de ces substances, c'est-à-dire à compliquer leurs propres rapports dans ces substances.

Au premier échelon des corps chimiques se trouvent les associations d'éléments non définies qui occupent les espaces situés entre les astres, associations rudimentaires, traduites tout au moins par des mouvements lumineux et thermiques. Puis viennent les corps chimiques simples, puis les corps chimiques composés, depuis les acides et les bases les plus simples jusqu'au protoplasma qui représente l'association la plus

complexe des éléments ou des mouvements psychiques. Mais la complexité des associations, de ces éléments ou de ces mouvements, dans le protoplasma, augmente toujours. En effet, les mouvements qui s'enregistrent dans cette substance, s'y fragmentent grâce à l'anse réflexe, comme nous allons le voir, multiplient leurs rapports entre eux, par suite multiplient la complexité de la substance organique vivante, cette complexité du protoplasma encore une fois étant parallèle à celle des mouvements psychiques.

Nous allons du reste assister maintenant à cette multiplication des rapports des mouvements physio-psychiques entre eux, d'abord en étudiant la fragmentation du mouvement physio-psychique qui limite les individualités nerveuses dont les rapports engendrent le temps et l'espace — ici nous trouverons la preuve physiologique du retour de l'individualité nerveuse à la périphérie — puis en recherchant l'anse réflexe dans l'être rudimentaire, dans la cellule, ou nous trouverons la preuve anatomique de cette anse, ou nous constaterons *de visu* cette anse impossible à voir chez les animanx complexes, à cause de son étendue et de sa forme enroulée dans le muscle. Ici nous verrons en effet que les anses réflexes, qui constituent la cellule, amènent, par leurs associations, la division de cette cellule ou sa multiplication ; qu'ainsi les mouvements physio-psychiques multiplient leurs rapports, accroissent considérablement leurs associations et par suite la complexité de la substance organique vivante, forment enfin des êtres de plus en plus complexes.

Avant d'aborder la preuve physiologique expérimentale du retour de l'individualité nerveuse à la périphérie, nous indiquerons une déduction intéressante de la façon dont nous avons expliqué la formation des disques de l'anse réflexe.

Si, en effet, notre explication est bonne, si la formation des

disques provient de ce que les molécules protoplasmiques, sur lesquelles agissent ces mouvements extérieurs, sont écartées les unes des autres, il est évident que les molécules d'une substance chimique quelconque (association plus ou moins complexe d'éléments physiques) étant maintenues écartées les unes des autres, si l'on fait agir sur elles un mouvement quelconque, par exemple un mouvement électrique, ces molécules se grouperont absolument comme les molécules protoplasmiques.

L'expérience prouve, en effet, que si l'on raréfie (1) un gaz, par exemple, et si on le fait traverser, dans cet état, par un mouvement électrique, les molécules de ce gaz raréfié se comportent comme les molécules protoplasmiques. Elles se disposent en sortes de disques clairs et sombres alternant, les disques clairs étant formés par les molécules gazeuses condensées, contractées, on pourrait dire, et devenant lumineuses sous l'influence du courant électrique (2) (les disques clairs correspondent aux disques sombres du protoplasma, et, inver-

(1) Il faut que le vide atteigne une pression de quelques millimètres seulement.

(2) Ce qui démontre bien que ce sont les molécules du gaz raréfié qui se groupent en disques et se colorent, c'est que chaque gaz ou vapeur métallique offre une couleur spéciale. Par exemple si on fait passer un courant dans la chambre barométrique, la lueur verdâtre, qui se manifeste alors, indique bien que ce sont les vapeurs métalliques qui forment le milieu conducteur de l'électricité, d'autant plus que, si l'on chauffe le mercure au rouge, la lueur prend un vif éclat.

En outre, il semble que la formation des disques nécessite la non participation du milieu dans lequel sont plongées les molécules raréfiées, au mouvement spécial de ces molécules.

3. Tous les mouvements dans un milieu semblablement disposé doivent se comporter de la même façon, ainsi, par exemple, les mouvements limités à des conducteurs isolés, canalisés pour ainsi dire, comme le mouvement électrique dans un fil métallique recouvert de soie.

Les lois d'induction qui régissent les mouvements électriques doivent donc s'appliquer aux mouvements physio-psychiques nerveux. Les phénomènes d'excitation

sement, les disques sombres aux disques clairs du même protoplasma — on comprend pourquoi).

Si l'on donnait au récipient, dans lequel on raréfie le gaz, la forme d'une cellule nerveuse des centres avec ses prolongements, et si l'on réunissait les extrémités de ces prolongements en deux séries, dont l'une serait en relation avec le pôle positif, l'autre avec le pôle négatif, l'on aurait la représentation des cellules nerveuses préparées par Jakimovitch.

2. On peut prouver expérimentalement le retour de l'individualité nerveuse à la périphérie.

La disposition en anse de l'individualité nerveuse doit produire en effet ce phénomène remarquable : si on touche la surface du corps en deux points A et B (*fig.* 93), tels que l'un, A, corresponde au point initial de l'individualité nerveuse, et l'autre, B, au point terminal de la même individualité, on donne lieu à la notion d'une seule impression.

En effet il s'agit d'une même sensation continue, commencée en A et finissant en B. Cette sensation n'a aucune dimension en elle-même (dimension subjective), car elle est formée par un tout homogène, non différencié. Que l'anse nerveuse ait

---

du système névro-musculaire par les courants électriques peuvent, en effet, être regardés comme des phénomènes d'induction.

En effet, le courant d'un circuit de pile, agissant sur un circuit voisin fermé, y développe un courant très bref; de même quand on l'interrompt. Pendant tout le temps qu'il dure avec une intensité égale, il ne produit aucun courant induit. Mais si brusquement on augmente ou on diminue son intensité, on produit de nouveau un courant induit très bref au moment précis de cette augmentation ou de cette diminution d'intensité. Pour obtenir des mouvements induits très intenses, il faut produire une interruption aussi rapide et aussi continue que possible du mouvement inducteur.

Or, les mêmes phénomènes ont lieu lorsque le courant électrique agit sur les conducteurs du mouvement physio-psychique.

une fraction de millimètre ou des mètres de longueur, la sensibilité qu'elle représente n'en sera pas moins un véritable point mathématique.

Pour qu'il y ait dimension il faut un rapport, et pour qu'il y y ait rapport, il faut au moins deux parties distinctes, différenciées.

Or les individualités constituent seules des parties différenciées. Ce sont donc les rapports des individualités seules qui constituent les dimensions : sans dimensions, elles-mêmes, ces individualités engendrent, par leurs rapports, toutes les dimensions.

Mais pour qu'il y ait individualité, il faut qu'il y ait différenciation, fragmentation, pour mieux dire, de la sensibilité. La forme en anse ne correspond pas par elle-même à une fragmentation de la sensibilité (pas plus du reste que les disques d'une anse n'en fractionnent la sensibilité). Nous avons vu le même mouvement extérieur, ou le même élément psychique en mouvement former plusieurs anses réflexes successives. Aussi plusieurs anses, simplement à la suite les unes des autres et correspondant à un même élément psychique ou à une même sensation, constituent une seule individualité.

Pour que les anses constituassent des individualités, il faudrait donc qu'elles correspondissent à des sensations différentes; et alors les anses successives formeraient une dimension mesurée par le rapport de succession des sensations distinctes.

Mais cette condition n'est pas nécessaire à la constitution de l'individualité; en effet, la même sensation, le même mouvement psychique enregistré peut se fragmenter en parties distinctes par suite des rapports différents de ces parties, par suite des rapports différents des anses réflexes.

Pour le montrer, considérons les rapports que peuvent affec ter entre elles les individualités nerveuses établies.

Les individualités sensibles peuvent se continuer simplement de façon qu'il n'y ait entre elles qu'un rapport de succession. C'est le mouvement dans le temps. Ce sont les individualités s'éloignant successivement et également les unes des autres, formant dans leur ensemble une direction unique. Les anses correspondantes peuvent, on le comprend, avoir des positions les plus diverses sans que cette direction soit modifiée.

Deux séries d'individualités successives opposées O A et O B (*fig.* 102), se comportant entre elles comme les individualités successives d'une série entre elles, constitueront une dimension unique avec ses deux directions contraires, A B.

Deux autres séries contraires, s'éloignant toutes les deux également de toutes les individualités qui constituent la première longueur, formeront une dimension nouvelle, perpendiculaire à cette première longueur (*fig.* 103).

La première dimension, qui n'était pas encore dans l'espace puisqu'elle n'était en rapport avec aucune autre dimension, entre dans l'espace grâce au rapport qu'elle affecte avec cette nouvelle dimension.

Enfin qu'une troisième double série d'individualités (*fig.* 104), qu'une troisième dimension s'éloigne également de toutes les individualités de A B et de C D, cette nouvelle double série, cette nouvelle dimension sera perpendiculaire aux deux premières. L'espace sera ainsi constitué; les individualités sensibles ou psychiques, sans étendue, formeront de la sorte, suivant un seul rapport, le temps, et suivant six rapports, l'espace.

Ainsi une direction, pour une même sensation, étant constituée par une série d'individualités nerveuses, cette série d'individualités est coupée perpendiculairement par des directions parallèles limitant précisément les individualités, et fragmentées elles-mêmes de la même façon.

Il en résulte qu'une surface sensible (subjective), est constituée par un « quadrillé tactile » dont les petits côtés, correspondant à une individualité, sont égaux à l'unité (1).

Mais chaque direction (O A ou O B) peut se fragmenter elle-même par l'intermédiaire d'une direction contraire (*o a* ou *o b*) (*fig.* 106), de telle sorte que chaque anse réflexe ait son antagoniste, son anse réflexe de sens contraire. Du reste, l'anse réflexe, considérée seule, est nécessairement double, car son point terminal est déterminé par le point initial d'une autre anse, laquelle aura elle-même son point terminal au point initial de la première anse (*fig.* 106).

Le quadrillé tactile offre donc l'aspect de la figure 107.

On voit que si une différenciation dans la nature de la sensibilité est nécessaire pour individualiser les anses qui se succèdent simplement, elle ne l'est pas pour individualiser des anses de directions différentes; ces directions différentes ou ces rapports différents suffisent en effet pour fragmenter la même sensation ou le même mouvement psychique extérieur enregistré.

Toute anse réflexe qui se trouvera en rapport avec des anses de directions différentes constituera donc une individualité, et, inversement, les anses qui n'auront entre elles qu'un simple rapport de succession et qui correspondront à une même sensation, formeront ensemble une seule individualité.

---

(1) Une autre direction perpendiculaire aux directions d'un quadrillé tactile (surface) complète l'espace. Cette autre direction est déterminée par une série d'anses réflexes en rapport, chacune ou plusieurs, avec toutes les anses du quadrillé tactile. Ce dernier découpe ainsi le mouvement physio-psychique de la série d'anses réflexes en individualités qui affectent entre elles un seul rapport de succession, forment ainsi une seule direction dont les points s'écartent successivement et également de tous les points du quadrillé tactile, et qui est par suite perpendiculaire à ce dernier.

Si l'on appelle « angle tactile » la distance qui sépare les extrémités d'une individualité nerveuse, la valeur de cet angle est donc essentiellement variable et dépend des rapports de fonctionnement des anses nerveuses.

Il est facile de voir que le mouvement physio-psychique rayonne du centre de la surface tactile dans les directions primitives, qu'il est unique et la résultante des différents mouvements extérieurs qui tendent à s'enregistrer

En effet, lorsqu'un mouvement extérieur s'enregistre, son début est à la première anse, et les anses successives auxquelles il donne naissance, ne sont que les prolongements, pour ainsi dire, de la première anse; lors donc que la direction du mouvement change, elle change à partir du point initial du mouvement ou de la première anse. On voit, en effet, que ce point est porté au-devant des nouveaux mouvements extérieurs, *le déplacement de la surface étant inverse de celui du mouvement physio-psychique* (*fig.* 108). Ce point est le centre de la surface tactile, le centre des directions de cette surface, le point qui touche. On comprend également que le mouvement physio-psychique d'une surface tactile soit unique et résultante, car la surface tactile ne peut se mouvoir que dans une seule direction.

Si une anse nerveuse ne constitue pas toujours une individualité, on peut dire cependant que l'individualité affecte toujours la forme d'anse, car une individualité, formée par plusieurs anses, correspond en somme à une anse qui aurait la longueur totale des anses qui la constituent et une ouverture égale à la distance qui sépare le point initial de la première anse du point terminal de la dernière.

Le mouvement qui s'enregistre pouvant changer à chaque instant de direction l'« angle tactile » le plus petit correspond à une seule anse.

Si plusieurs anses se continuent avant que le changement de direction n'ait lieu, on comprend que, malgré la valeur croissante de l'angle tactile, la valeur 1 de l'individualité sensible ne change pas.

Une autre cause de la fusion des individualités sensibles en une seule est le parallélisme de fonctionnement ou l'association des anses réflexes.

Lorsque les anses associées sont éloignées, leurs fibres d'association occupent les centres nerveux. Nous avons vu que les cordons longitudinaux de la moelle en sont formés dans leur presque totalité. Lorsque les anses sont très rapprochées, leurs fibres d'association apparaissent très probablement de bonne heure, c'est-à-dire dans les premiers plexus cellulaires de la périphérie (les fibrilles des plexus cellulaires sont, en effet, notamment dans le corps muqueux de Malpighi, de beaucoup plus nombreuses que les fibrilles nerveuses).

L'association des individualités, en constituant un ensemble compacte, n'annihile point cependant les caractères propres à chaque individualité.

Ainsi les individualités optiques et tactiles, quoique intimement unies, n'en demeurent pas moins distinctes. Nous verrons plus tard que les deux dimensions d'un quadrillé tactile (surface), quoique associées à une troisième dimension (profondeur) et intimement unies à elle, s'en distinguent pourtant.

Mais si la nature des individualités associées est identique, si la direction est la même, l'association devient une véritable fusion.

C'est ce qui a lieu pour les individualités tactiles proprement dites (*fig.* 109).

On comprend, d'après ce que nous venons de dire, que (malgré l'invariabilité de grandeur de l'ouverture des anses réflexes) plus la partie de surface tactile qui touche à un

même moment, sera grande, plus l'angle tactile de cette surface sera grand, et inversement, plus cette partie de surface sera petite, plus l'angle tactile sera petit.

La surface tactile qui possède le plus petit angle tactile est évidemment la rétine. Cette surface sensible en effet est une portion de sphère (*fig.* 110) sur laquelle s'inscrit le rayon lumineux normal; dès lors le changement de direction relatif du rayon normal, se faisant sur une étendue extrêmement petite et très rapidement, l'individualité nerveuse optique a un angle extrêmement faible et correspond (normalement) à une seule anse.

L'angle tactile rétinien est en effet égal à moins de 3 mikromillimètres, dans la vision la meilleure, puisqu'il faut de 3 à 4 mikromillimètres (Nuel) (acuité visuelle la meilleure) pour donner lieu à la notion de deux points.

Les autres surfaces sensibles donnent une ouverture d'angle tactile variable avec l'étendue de la partie qui touche ordinairement.

Pointe de la langue . . . (Millim.)	1,1	Dos de la main	31
Face palmaire de la troisième phalange des doigts.	2,2	Genou	36
		Jambe, avant-bras.	40,5
Bord rouge des lèvres.	4,5	Cuisse et bras	67
Face dorsale des doigts.	15,7		(Weber).

Bien que la surface tactile d'un segment de membre soit plus grande que la surface tactile rétinienne, son quadrillé tactile est de beaucoup plus petit que le quadrillé tactile rétinien. En effet, tandis que les petits côtés de ce dernier correspondent à moins de 3 mikromillimètres, celui du premier correspond à une étendue égale au minimum à $2^{mm}2$ (troisième phalange des doigts), c'est-à-dire mille fois plus considérable.

Malgré sa petite étendue, la rétine, on le voit, est la surface sensible dont le quadrillé tactile est le plus étendu.

Les points du quadrillé tactile sont occupés évidemment par une des extrémités seulement d'une individualité nerveuse ou d'une anse réflexe, puisque les côtés des petits carrés mesurent la grandeur d'ouverture d'une individualité nerveuse ou d'une anse (*fig.* 107 et 111).

Il y a donc par point du quadrillé tactile au moins 8 fibrilles correspondant à 8 anses (2 pour chaque direction d'une surface et leurs antagonistes).

Dans la rétine, les points du quadrillé tactile sont séparés (dans la vision la meilleure) par 1 1/2 mikromillimètre, puisqu'il faut au moins trois points (*fig.* 112) de ce quadrillé, sur une étendue de 3 mikromillimètres, pour donner lieu à la notion de 2 points lumineux.

Dans l'étendue de 3 mikromillimètres, la rétine doit donc présenter trois faisceaux d'au moins 8 fibrilles chacun. On y rencontre, en effet, trois cônes ou bâtonnets, éléments nerveux à striation longitudinale et transversale (disques), cette dernière bien visible dans les bâtonnets. Les cônes et les bâtonnets doivent donc constituer les points du quadrillé tactile rétinien.

Nous verrons plus tard que deux autres directions intermédiaires aux premières (muscles obliques) portent très probablement à 16 le nombre des fibrilles qui constituent les faisceaux nerveux rétiniens.

Le nombre de fibrilles par cônes et bâtonnets nous permet d'apprécier à peu près la vitesse du mouvement lumineux dans le protoplasma. Il y a un cône ou bâtonnet par millième de millimètre de la rétine (3 mikrom. correspondant à 3 cônes ou bâtonnets); il y a donc 1,000,000 de cônes ou de bâtonnets

par millimètre carré de la rétine (1). Chaque élément nerveux rétinien étant constitué par 8 fibrilles (nous n'en comptons que la moitié), moitiés de 8 anses, si nous donnons 1 mètre de longueur à une branche de l'anse optique, le mouvement lumineux devra parcourir, par millimètre carré de la rétine, 8,000 kilomètres et par centimètre carré, 800,000. Or, le mouvement lumineux dans l'air est de 300,330 kilomètres (Cornu) par seconde; il faudrait donc voir, dans tous ses détails, en un peu moins d'une demi-seconde (ou d'un cinquième de seconde, si on compte 16 fibrilles par élément rétinien), une image rétinienne de 1 centimètre carré pour que le mouvement lumineux fût, dans le protoplasma, aussi rapide que dans l'air. On voit que la vitesse du mouvement lumineux est à peu près la même dans le protoplasma que dans l'air (2).

Pour le corps muqueux de Malpighi, à chaque petit côté du quadrillé tactile correspond une grande quantité d'anses. Mais comme chaque extrémité de chacune de ces anses peut devenir l'extrémité d'une individualité nerveuse, il en résulte qu'à toutes les terminaisons des anses doivent correspondre 4 fibrilles. Cependant les cellules profondes du corps muqueux présentent des prolongements assez nombreux, fins et isolés. Y a-t-il 4 fibrilles dans ces petits filaments ou ces filaments

---

(1) Dans la *fovea centralis*, l'extrémité des cônes a moins d'un μ d'épaisseur.

(2) La vitesse si considérable du mouvement physio-psychique est encore accrue par réduction des anses réflexes.

On indique, pour la vitesse du mouvement nerveux, 35 mètres en moyenne par seconde. La rapidité extrême des processus nerveux parle d'elle-même contre cette donnée. Cependant cette donnée repose sur une expérience parfaitement juste. Mais comme le nerf est composé d'individualités nerveuses qui, en grande partie, fonctionnent successivement, il est donc probable qu'il faut multiplier le nombre trouvé par un autre, même assez élevé, et correspondant aux différentes individualités qui fonctionnent successivement dans le nerf sur lequel on agit.

constituent-ils plutôt des fibrilles isolées qui fonctionnent en s'inclinant les unes vers les autres comme des cils vibratils?

En résumé on démontre expérimentalement le retour de l'individualité nerveuse à la périphérie par la notion d'une impression unique que donne le toucher (sous toutes ses formes) en deux points différents d'une surface tactile.

L'individualité physio-psychique est créée par les différenciations de nature ou de direction (fragmentation) de la sensibilité.

Aussi elle peut correspondre à plusieurs anses de même nature, ayant la même direction ou fonctionnant ensemble. Mais, même dans ce cas, on peut dire que l'individualité est toujours une anse ayant la longueur totale des anses qui constituent l'individualité et une ouverture égale à la distance qui sépare le point initial de la première de ces anses du point terminal de la dernière (1).

---

(1) Une ébauche de l'anse réflexe se trouve certainement dans la Psychologie physiologique de G. Sergi (*La Psychologie physiologique*, par G. Sergi, professeur d'anthropologie à l'Université de Rome. Traduction de Mouton, 1888).

L'éminent psychologue italien se défend de séparer, comme Wundt, Exner, Donders, etc., le phénomène psychique du phénomène physiologique. L'acte psychique est, pour lui, la résultante de la série des processus physiologiques élémentaires et non du dernier seulement. « Le phénomène psychique lui semble être de nature physiologique. D'où il résulte que quand des processus physiologiques sont simples et sans complication, le phénomène psychique s'accomplit dans le temps le plus court possible; quand, au contraire, ils sont complexes et composés, le phénomène psychique qui, nécessairement, est complexe lui aussi, exige un temps plus grand », p. 279. Mais Sergi ne peut abandonner l'idée que le phénomène psychique s'opère dans les centres nerveux seulement. Aussi est-il entraîné à lier le phénomène psychique à toute la série des processus physiologiques élémentaires et à l'en délier à la fois pour le mettre à l'extrémité de cette série à peu près comme Wundt et Exner dont il bat en brèche les théories.

Mais tout le phénomène psycho-physiologique ne se borne pas à un processus allant de la périphérie vers les centres. L'« onde excitatrice nerveuse » dont dépend

Si donc on appelle « angle tactile » la distance qui sépare les deux points extrêmes d'une individualité nerveuse, on voit que cet angle est essentiellement variable et dépend de la grandeur de la partie de surface qui touche à un même moment. Aussi le plus petit angle tactile appartient à la rétine.

Comme les individualités physio-psychiques sont limitées par les changements de direction, elles forment entre elles un « quadrillé tactile » dont chaque petit côté représente une individualité. L'angle tactile donne la grandeur objective variable de ces côtés ; mais si variable qu'il soit, la valeur subjective de l'individualité n'en demeure pas moins égale à l'unité. Par suite, la sensibilité d'une surface (ou l'étendue du quadrillé tactile) est en raison inverse de la grandeur de l'angle tactile.

Nous avons déjà dit que tous les points du quadrillé tactile étant solidaires les uns des autres, et que le mouvement physio-psychique pouvant passer d'un quelconque de ces points à un autre, il en résulte que le quadrillé tactile est parcouru par un mouvement physio-psychique, unique, résultante.

---

pour Sergi, le phénomène psychique, « se réfléchit » vers la périphérie, à l'endroit même d'où elle était partie. Cette réflexion seule peut, d'après Sergi, expliquer la localisation des sensations, p. 189. Comme plus haut, Sergi laisse le phénomène psychique dans les centres, et cependant il le lie si bien à la réflexion de l'onde nerveuse, que cette onde va fixer le phénomène à la périphérie : « On a conscience du phénomène dans les centres nerveux où viennent se terminer les nerfs conducteurs, mais on s'en aperçoit dans les organes périphériques » p. 189. C'est-à-dire que, en réalité, en dépit de l'idée préconçue du phénomène psychique limité aux centres nerveux, il reconduit le phénomène psychique avec son « onde nerveuse » à la périphérie, à l'endroit même où s'est produite l'excitation.

On le voit, il y a là une vague ébauche de l'anse réflexe, mais celle-ci est plus complète, elle s'étend jusque dans le muscle.

Il en est de même pour les quadrillés tactiles associés : leurs mouvements physio-psychiques particuliers, associés, forment ensemble un mouvement physio-psychique général, résultante.

Ce mouvement, résultante plus ou moins complexe, constitue l'attention ou la volonté. Comme il est dû à la plus ou moins grande intensité des mouvements extérieurs enregistrés, on pourrait l'étudier mathématiquement et indiquer de même le résultat final du conflit de tous les mouvements psychiques, ou l'état d'association final vers lequel tendent les éléments psychiques.

Si l'on considère plusieurs mouvements physio-psychiques associés, on voit que l'un quelconque de ces mouvements peut induire les autres ou être induit par ceux-ci, en d'autres termes prendre la direction des autres ou être dirigé par eux.

Les mouvements induits, réapparaissant sous l'influence seulement des mouvements inducteurs, ne sont pas en continuité, au moins au moment de leur apparition, avec les mouvements extérieurs dont ils sont la partie enregistrée : ils sont donc réduits. Exemple ; dans la vision, les mouvements physio-psychiques optiques induisent les mouvements physio-psychiques tactiles; c'est-à-dire qu'il suffit de regarder pour avoir la notion tactile des objets, sans que l'on ait besoin de toucher ou de localiser par le tact ces objets.

Cette réduction peut se faire, on le comprend, dans tous les points du parcours de l'individualité nerveuse où les individualités successives sont en rapport, c'est-à-dire depuis la périphérie jusque dans les muscles, dans les plexus périphériques, dans les ganglions rachidiens, dans le canal vertébral ou les centres nerveux surtout, enfin à l'entrée des fibrilles nerveuses dans les muscles.

Ces mouvements induits et réduits peuvent prendre la direc-

tion du mouvement physio-psychique général en devenant eux-mêmes inducteurs, mais ils peuvent alors être facilement empêchés et remplacés par des mouvements physio-psychiques non réduits.

Plus ils sont facilement remplacés, ou plus facilement ils cèdent la direction du mouvement physio-psychique général, plus ils prennent un caractère spécial qui constitue la pensée.

Ainsi la pensée est un mouvement physio-psychique qui est remplacé par un autre ou auquel succède un autre; ce mouvement a d'autant plus le caractère de pensée que le changement de direction du mouvement physio-psychique général est plus rapide et *vice versâ*.

Dès lors, les sensations sont surtout des mouvements psychiques extérieurs non réduits qui remplacent facilement les mouvements induits dans la direction du mouvement physio-psychique général.

Exemple : je pense à des fleurs qui seraient sur ma table, et sur ma table, à la place de ces fleurs, il y a un crâne. Mais je mets à ma place un sujet hypnotisable, et je lui suggère qu'il voit sur ma table des fleurs à l'endroit même où est placé le crâne. Les yeux bien ouverts, et regardant normalement, l'hypnotisé verra absolument des fleurs à la place du crâne. Dans ce dernier cas, les mouvements physio-psychiques induits (par la suggestion) qui constituent les fleurs, ont assez de force pour résister aux mouvements extérieurs qui constituent la vision du crâne et qui tendent à les remplacer, à entrer dans le processus général; ils perdent leur caractère de pensée et deviennent sensation. Dans le premier cas, ils étaient effacés à chaque instant par les mouvements physio-psychiques optiques extérieurs qui constituaient la vision du crâne, et *c'est ce caractère seul qui en faisait une pensée.*

Toutes les hallucinations (rêves, suggestions ou autosugges-

tions) sont ainsi des mouvements physio-psychiques réduits persistants, sont des pensées devenues sensations (1).

Dans tous les états hallucinatoires, il doit y avoir, on le voit, une insensibilité plus ou moins considérable du sujet, puisque les mouvements extérieurs ne peuvent pas devenir inducteurs, détruire ou remplacer les mouvements induits et réduits (2).

La première condition pour pouvoir suggérer des sensations à un sujet, c'est donc que la sensibilité de ce sujet soit plus ou moins inhibée. Et ainsi, le sommeil naturel est lui-même un état favorable aux suggestions.

Le cas le plus remarquable de transformation de pensée en sensation est certainement celui dans lequel les mouvements physio-psychiques successifs, dont la chaîne constitue le souvenir, sont persistants, ne sont pas effacés par les mouvements physio-psychiques apparus à leur suite, plus récents et passant par les mêmes anses réflexes. Le passé devient alors actuel : le sujet revient pour ainsi dire à telle ou telle époque de son existence antérieure.

Cet état se rencontre aussi bien dans le sommeil naturel que dans l'hypnose et l'hystérie. Il arrive parfois que, pendant le sommeil, on rêve actuelles des situations passées souvent depuis fort longtemps.

---

(1) Il faut remarquer que dans le rêve, la distinction entre sensations et pensées existe toujours, comme du reste le caractère de la pensée indiquée l'exige.

(2) De bons exemples de mouvements réduits prenant le caractère de sensations, ce sont d'abord évidemment les mouvements réduits par l'ablation d'un membre; puis les mouvements induits par une lésion des centres nerveux; ainsi une lésion de la moelle cervicale donne lieu dans toute l'étendue de la moelle, au-dessous d'elle, à des mouvements induits, assez puissants pour supprimer, inhiber toute sensibilité du tronc et des membres inférieurs; et alors il y a hallucination de positions des membres inférieurs par exemple. J'en ai constaté un cas remarquable.

M. Pitres est le premier auteur qui ait étudié cet état, dans l'hystérie. Il lui a donné le nom d'ecmnésie (1).

En résumé, la distinction entre sensation et pensée réside, au point de vue subjectif, uniquement dans un simple rapport de succession : par suite, elle constitue un caractère très mobile.

Au point de vue objectif, cette distinction est précise, la sensation étant le mouvement non réduit; la pensée, le mouvement réduit.

Dans une seconde partie de ce travail, nous entrerons dans le détail du mécanisme des associations des individualités physio-psychiques, mécanisme que nous n'avons ici qu'ébauché simplement pour confirmer la structure et la nature de l'individualité nerveuse. Nous examinerons : 1° les associations des individualités physio-psychiques optiques; 2° celles des individualités tactiles; 3° l'association de ces deux groupes d'individualités; 4° l'association des individualités acoustiques entre elles et avec les individualités optiques et tactiles. Nous réserverons pour une étude ultérieure les associations des individualités de l'épithélium interne.

3. Après avoir donné la preuve physiologique ou plutôt physio-psychique du retour de l'individualité sensible à la périphérie ou de sa forme en anse, il ne nous reste plus qu'à en fournir la preuve anatomique.

Les branches de l'anse réflexe sont égales, car la première, d'abord dans la direction du mouvement extérieur, échappe à celui-ci en s'inclinant, grâce au mouvement que sa contraction imprime à la masse protoplasmique; et l'autre retourne à

---

(1) A Pitres. — Leçons cliniques sur l'hystérie, 1891. Cinquante-deuxième leçon, III, p. 219.

la même surface, dans la direction de la même force extérieure déplacée relativement (*fig.* 93, pl. IX).

La première branche de l'anse suivante, commençant au niveau où se termine la deuxième branche de la première anse, s'étend dans la direction de cette branche, et, comme elle correspond au même mouvement extérieur que celui de l'anse précédente, son action sur la masse protoplasmique sera la même que celle de la première branche de cette anse. Par conséquent, son extrémité interne sera au même niveau que le centre de l'anse précédente. Et ainsi de suite. De sorte que les anses, correspondant au même mouvement extérieur, auront leurs branches égales et un centre d'action commun; la surface tactile qu'elles limitent sera donc sphérique, et le centre de cette sphère sera occupé par la partie médiane des anses.

Les mouvements extérieurs qui s'enregistrent dans le protoplasma étant variés, les anses, correspondant à ces mouvements et quoique affectant la même disposition générale, auront des centres d'action différents dans un centre commun; par suite, elles seront de longueurs différentes, et l'ensemble des centres de toutes les anses constituera, au milieu de la sphère tactile, un noyau plus ou moins volumineux ou diffus, selon la variété des anses réflexes.

Telle doit être la constitution de l'être le plus simple : un centre d'anses réflexes. Ici, les anses réflexes, qu'il est impossible de suivre dans les êtres complexes, à cause de leur longueur considérable et de leur enroulement musculaire, à cause de leur forme compliquée due aux nombreux rapports contractés mécaniquement entre elles (chap. II, 1) par les cellules multipliées et dont les individualités fusionnées se prolongent, ici les anses réflexes seront toutes entières étalées sous le microscope; elles n'offriront point l'enroulement qu'elles pré-

sentent dans les muscles, car leur centre détermine celui du petit être qu'elles forment; elles devront donc pouvoir être vues, avec leur forme caractéristique, aussi facilement que leur extrême délicatesse et leur entrelacement le permettent.

Examinons si telle est la structure de l'être le plus simple, de l'être monocellulaire (1).

1° Nous avons vu combien rapidement les fibrilles nerveuses, les cylindres-axes ou les cellules qu'ils prolongent, deviennent granuleux, combien facilement se désagrègent leurs molécules protoplasmiques. Pour fixer la structure fibrillaire, il faut, avec certains réactifs très délicats, saisir les cellules ou leurs prolongements cylindraxiles au moment de leur pleine activité. Dans un petit être monocellulaire, on comprend de suite que la fragilité des individualités sensibles soit portée à son maximum. Aussi la structure de la cellule isolée est fort difficile à constater. Mais elle l'est d'autant moins que l'activité cellulaire est plus grande à l'instant où l'on fixe la cellule.

C'est au moment où celle-ci se multiplie qu'elle est le plus active et par suite que l'on peut le mieux saisir les grandes lignes de sa structure. Tout d'abord, à ce moment, on constate des filaments radiaires très fins (aster) partant de la périphérie et convergeant vers le centre. Au reste, on peut se rendre compte, quoique beaucoup plus difficilement, de la structure filamenteuse de la cellule même à l'état de « repos ». Mais alors les filaments s'anastomosent assez souvent entre eux en constituant une sorte de réseau lâche ou des vacuoles. Les filaments massés, agglutinés à la périphérie, forment une enveloppe. La structure de cette enveloppe est très nette dans

(1) Nous examinerons rapidement cette structure sans nous appesantir sur les détails qui, traités à fond, pourraient faire l'objet de plusieurs ouvrages étendus, comme l'indique la richesse extrême de la bibliographie cellulaire.

les grosses cellules ovulaires. Elle offre de fines stries radiaires correspondant aux filaments radiaires de la cellule. On a dit que ces stries limitaient des canalicules, et on a fait pénétrer les spermatozoïdes des mammifères à travers ces canaux. Mais ces canaux seraient bien petits surtout pour un spermatozoïde, et on ne voit pas pourquoi alors plusieurs spermatozoïdes ne pourraient pas pénétrer à la fois dans l'œuf des mammifères. De plus l'enveloppe de la cellule fait corps avec les éléments contractiles de celle-ci puisqu'elle suit leurs mouvements. C'est lorsque les attaches de l'enveloppe avec les éléments contractiles sont rompues que l'enveloppe, isolée, ne prend plus part aux mouvements de la cellule. Ainsi dans l'œuf. Et cependant ici encore, au début de la segmentation, quelques filaments radiaires demeurent attachés à l'enveloppe, rattachent encore la cellule à l'extérieur, forment ce qu'on appelle le hile ou le micropsyle. Ce n'est qu'après la pénétration du spermatozoïde à travers le hile, ou après l'expulsion de globules polaires (voir plus loin) que toute attache de l'enveloppe avec les filaments radiaires est brisée : à ce moment là en effet le chorion ovulaire est doublé de liquide périvitellin ou même d'eau (poissons), et les cellules de nouvelle formation se multiplient dans son intérieur comme dans une poche extensible. Si l'enveloppe est très mince, comme celle des cellules embryonnaires, les cellules sœurs, en s'appliquant sur elle, la partagent entre elles.

Enfin, il peut se faire que les filaments cellulaires soient assez écartés les uns des autres et massés en faisceaux assez volumineux et isolés pour fonctionner plus ou moins séparément. Dans ce cas, ils ne constituent pas évidemment une enveloppe à la cellule, et forment des cils ou des pseudopodes (protomyxa aurantiaca). Cependant alors il peut se former autour de la cellule, par sécrétion de la cellule, ou par agglu-

tination de corpuscules extérieurs, une enveloppe; mais les cils ou les pseudopodes traversent cette enveloppe comme chez les Foraminifères et les Radiolaires.

2° Les filaments protoplasmiques sont formés de corpuscules séparés par une substance liquide, incolore : ces corpuscules se rapprochent les uns des autres comme les disques des fibrilles musculaires (Van Beneden); leur rapprochement constitue la contraction des filaments comme le rapprochement des disques des fibrilles nerveuses ou musculaires constitue la contraction de ces fibrilles (1).

Les filaments convergent vers le centre de la cellule; ils s'y dirigent isolément ou en faisceaux qui s'anastomosent plus ou moins. Et, dans ce dernier cas, ils forment un réseau à mailles plus ou moins épaisses, limitant des aréoles.

Plus tôt les filaments s'accolent entre eux, plus le réseau protoplasmique est étendu, plus aussi la masse cellulaire paraît homogène. Inversement, moins les filaments radiaires se rencontrent dans leur marche vers le centre de la cellule, plus la partie centrale, où se rencontrent les filaments, est épaisse et se distingue facilement du reste de la cellule, moins dense et dont les filaments sont très fins. C'est ainsi que certaines cellules ne semblent pas avoir de noyau, et que les noyaux des premières cellules de segmentation sont fort difficiles à distinguer. Les granules protoplasmiques (chromosomes ou microsomes) sont alors, on le comprend, à peu près également répandus dans toute la cellule : le fait a été indiqué par Henneguy, en 1882 (p. 450, *loco citato*) et par Van Bene-

(1) Recherches sur la maturation de l'œuf, la fécondation et la division cellulaire. Gand, Leipzig et Paris, 1883. Arch. de biol., 1884. Van Beneden. — Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique de l'Ascaride mégalocéphale. Bull. de l'Acad. r. de Belgique, 3e série, t. XVI, n° 8. Van Beneden et A. Neyt.

den, en 1883. Au contraire, quand le noyau est très apparent, c'est-à-dire quand les filaments ne se rencontrent guère en masse qu'au centre de la cellule, alors les microsomes sont condensés dans le noyau. L'observation de Henneguy et de Van Beneden montre bien que les nucléomicrosomes (disques du noyau) ne sont pas d'une nature différente de celle des citomirosomes (disques du corps cellulaire) à l'inverse de ce que dit Straburger (1).

Dans les cellules dont les filaments s'accolent de bonne heure, il n'y a pas de transition brusque entre la partie centrale des filaments et leur partie périphérique, et on distingue bien la continuité de cette partie centrale avec les filaments. Ainsi dans le *Protomyxa aurantiaca,* ou dans les Radiolaires, dont la partie centrale, dense, formant un réseau bien limité (dans les Radiolaires, elle s'entoure même d'une envelope siliceuse), doit être considérée comme un noyau (2).

Dans les cellules, dont les filaments ne se massent qu'au centre, la continuité de la partie centrale avec les filaments devient plus difficile à saisir, d'autant que ces filaments se rompent facilement au pourtour du noyau. Cependant Van Beneden « a montré à plusieurs reprises que les granules des noyaux sont réunis par des filaments aux granules du protoplasma cellulaire » p. 112. Waldeyer, Fromman et Leydig ont indiqué que de fins filaments de la charpente nucléaire se relient au réticulum du corps cellulaire (p. 24, Gilis) (3). Stricker a montré que le corps cellulaire tout entier peut se

---

(1) Waldeyer. « De la Caryocinèse et de ses relations avec le processus de fécondation ». Traduction de Paul Garnault, 1889, p. 17.

(2) Ce que l'on appelle le noyau des Radiolaires doit être plutôt regardé comme un nucléole; ainsi, chez l'actinosphaerium Eichornii, on peut en distinguer plusieurs.

(3) Gilis. « Kariokinèse ». Thèse d'agrégation, Paris, 1886-1887.

rétracter dans le noyau qui paraît alors libre et dépourvu de protoplasma cellulaire. « Parfois on voit le corps cellulaire faire hernie à travers l'enveloppe nucléaire, se montrer sous forme de crêtes irrégulières et dentelées, puis se rétracter de rechef dans le noyau qui continue lui-même, pendant un certain temps, à posséder encore des mouvements amiboïdes et à modifier sa forme » (Weiss) (1). Le même phénomène se passe dans le *Protomyxa aurantiaca* et dans l'*Antinosphaerium Eichornii*. Enfin pendant la caryocinèse, lorsque les stries radiaires sont rompues autour du noyau, on en voit encore quelques-unes y pénétrer (fuseau). Nous rappellerons en outre que, dans plusieurs figures du travail de Prenant sur la morphologie des épithéliums, on peut constater une fusion absolue entre le protoplasma cellulaire et le noyau.

Quant à ce qui est du volume plus considérable des microsomes du noyau, cela tient à ce que les fins filaments se massent en faisceaux plus ou moins volumineux dans le noyau (Van Beneden), p. 18, Gilis. Nous allons les voir se masser encore plus, pendant la caryocinèse, et se réduire à quelques figures seulement. On peut remarquer aussi que, lors de la caryocinèse, les quelques filaments massés, résultant de la fragmentation du réseau nucléaire et unis bout à bout, se séparent pendant que leurs extrémités sont encore réunies par de fins corpuscules analogues à ceux des fines stries. Les corpuscules des filaments très petits, réunis, forment des disques « Scheiben » (Strasburger) assez volumineux, comme les corpuscules des fibrilles musculaires massés forment de gros disques épais; comme ceux-ci également ils alternent avec des

(1) Remarques sur la genèse du noyau cellulaire par Stricker. (Mediz. Iahrbrüch von Stricker. Heft., 1, p. 39, 1878. *Revue d'Hayem*, 1868).

disques minces constitués par une substance liquide incolore (p. 13 et 65, Waldeyer).

3° On peut distinguer que les filaments, dans le noyau, sont disposés en anses grâce au rassemblement en faisceaux de ces filaments. En effet, les filaments massés, qui constituent le noyau, sont moins fragiles que partout ailleurs; c'est la partie de la cellule qui conserve le mieux et le plus longtemps sa structure. Elle se comporte en cela comme les muscles dont, nous venons de le voir, elle est du reste l'analogue. Les filaments accolés forment entre eux un réseau à mailles arrondies plus ou moins épaisses, selon que les filaments qui y sont accolés sont plus ou moins nombreux : aussi quelques mailles sont très épaisses, d'autres très fines. Si la forme des filaments est en anse, c'est là, on le comprend, la seule disposition que les anastomoses des anses puissent prendre. Enfin, si la dispersion des anses était moins grande, ou si les anses se massaient en quelques groupes seulement, leur forme générale ressortirait plus nettement. Et de fait quand les filaments cellulaires sont brisés au niveau du noyau, les filaments du noyau se groupent davantage; les filaments fins se fusionnent et forment quelques grosses anses seulement. Rabl (1) *(fig.* 113).

Balbiani, Flemming, Retzius, Heuser et Carnoy ont émis l'opinion qu'il n'existe dans le noyau qu'un filament unique replié plusieurs fois, et se fragmentant lors de la caryocinèse. La disposition des filaments en réseau à mailles de grosseurs inégales s'accorde mal avec cette manière de voir. De plus, Rabl indique, même à l'état de « repos » du noyau, une disposition régulière d'anses distinctes (champ polaire et antipolaire).

---

(1) Rabl, « Ueber Zelltheilungs » Morph. Jahrbruch Bd. X, p. 214. Waldeyer, pages 9 et suivantes.

Lorsque les filaments sont brisés au pourtour du noyau, que celui-ci tend à se résoudre en quelques figures, les préparations ne donnent pas toujours la forme d'anse, surtout dans les cellules ovulaires, lors de la production des corpuscules polaires ou des premières segmentations. Cela tient probablement à la fragilité des filaments à ce moment. En effet, le noyau est moins nettement constitué dans les premières cellules, comme l'a montré Henneguy (p. 448). La substance des disques s'agglomère en sphérules plus ou moins nombreuses, plus ou moins grosses (nous avons remarqué une agglomération semblable des disques des fines fibrilles nerveuses périphériques). Les préparations par exemple de l'œuf de l'*Ascaris megalocephala* ne donnent guère que des sphérules de chromatine lors de la production des corpuscules polaires ; les anses ne commencent à se conserver qu'au moment de la conjugaison des cellules mâle et femelle (1). Dans l'*Arion empiricorum,* on voit des sphérules jusqu'au moment de la formation des étoiles sœurs (Platner). Alors on peut constater une forme en bâtonnets. Ces bâtonnets, se comportant comme les anses, sont probablement constitués par des anses dont les deux branches sont accolées.

En somme les noyaux cellulaires sont constitués par des filaments en réseau dans lequel, comme Rabl l'a indiqué, on peut trouver, malgré la complexité des mailles, une disposition en anse. Cette disposition en anse devient plus évidente encore quand, le noyau tendant à se segmenter, ses filaments se massent en quelques figures seulement. Les éléments contractiles du noyau, ayant été brisés dans leur attache à la périphérie, et leur fonction ne consistant plus qu'à être polarisés par quelques filaments attachés à la périphérie (fuseau), on

(1) Waldeyer, p. 47.

comprend facilement que ces éléments soient plus ou moins altérés dans leur forme, surtout par les modes de préparation, mais que cependant la forme d'anse doive plus ou moins subsister; car c'est évidemment de leur disposition première, en rapport avec leur fonctionnement, que doit dépendre la façon dont ils sont polarisés par le fuseau. Nous allons montrer en effet plus loin que la segmentation cellulaire s'explique naturellement par la disposition des individualités cellulaires en anse.

Ainsi le noyau est le centre des individualités cellulaires, et ces individualités sont des anses réflexes; la cellule toute entière est un « centre de radiations », d'individualités sensibles; elle est la plus petite association d'anses réflexes; sa grandeur, sa forme dépendent essentiellement de ces anses réflexes; elle ne constitue un individu que parce qu'elle est un centre d'individualités. Ce « centre de radiations » du reste, est composé de petits centres de radiations différents et correspondant à des anses réflexes différentes en grandeur et probablement en nature. Le noyau, en effet, est plus ou moins étendu. Et plus les filaments radiaires correspondront à des anses réflexes de même nature, c'est-à-dire plus la différenciation des individualités sensibles sera accentuée, plus, on le comprend, le centre des anses réflexes sera restreint et délimité, ou le noyau sera condensé. De fait les premières cellules de segmentation, dans un œuf, présentent, nous l'avons indiqué, un noyau mal délimité, disséminé pour ainsi dire dans toute la cellule, et, plus la segmentation cellulaire augmente, plus le noyau des cellules nouvelles devient net pendant que les cellules elles-mêmes diminuent de volume. De même les êtres monocellulaires inférieurs sont pour ainsi dire composés d'un simple réseau nucléaire. Telle est la forme du *Bathybius Haëckele*. Le protamœba offre déjà un réseau protoplasmique

plus serré ; et dans le *Protomyxa* apparaît un réseau central bien limité.

4° Dans les êtres monocellulaires, l'enroulement musculaire des animaux complexes ne saurait avoir lieu, puisque le centre de la cellule est déterminé par le centre même des anses réflexes. En effet, les anses, dans le noyau, plus ou moins flexueuses selon leurs rapports entre elles, ne font que s'accoler (Van Beneden) en conservant leur forme caractéristique.

5° Le noyau est d'autant mieux délimité qu'il est plus condensé. Les filaments, qui convergent les uns vers les autres, s'agglutinent alors plus étroitement et forment ainsi au pourtour du noyau une limite plus ou moins nette, une sorte d'enveloppe absolument dépendante, par conséquent, des filaments du noyau (Brass, Pfitzner, p. 25 ; Gilis, p. 16 ; Waldeyer). Aussi, lorsque les filaments nucléaires se rassemblent en quelques figures, la membrane ou plutôt la limite du noyau disparaît-elle en même temps.

Cependant le noyau, constituant une masse compacte, distincte au milieu du suc cellulaire, une membrane réelle peut se former autour de lui, sécrétée à la fois par le noyau et par la cellule. Strasburger et Guignard font ainsi provenir la membrane nucléaire du protoplasma cellulaire. Mais alors l'enveloppe distincte du noyau est perforée, comme l'enveloppe semblable de la cellule, et laisse passer les nombreux filaments protoplasmiques du noyau (Strasburger, Fromman, Leydig), p. 25, Gilis.

6° Depuis le pourtour jusqu'au centre du noyau, on rencontre des points nodaux du réseau. Ces nœuds augmentent de grosseur à mesure qu'on se rapproche du centre. Les plus gros sont appelés nucléoles (Klein), p. 14, Waldeyer. Bütschli a pu découvrir parfois chez un cilioflagellé, le *Ceratium tripos,* que les nucléoles étaient constitués par un fin réseau

(p. 15, Waldeyer). Leydig décrit aux nucléoles un bord dentelé d'où partent des prolongements qui les réunissent au réseau et à la membrane nucléaire (p. 23, Gilis). Ces observations indiquent que les nœuds du réseau sont l'image du noyau lui-même, c'est-à-dire sont autant de petits centres secondaires reliés entre eux et formant, dans leur ensemble, le centre de la cellule.

7° Le noyau étant constitué par les filaments radiaires, il occupe une position toujours fixe dans la cellule vivante. Mais lorsque l'on tue la cellule par des réactifs qui la saisissent dans une contraction suprême, la substance massée du noyau se ramasse fortement sur elle-même, et ses fines attaches à la périphérie se rompent tout autour d'elle comme nous l'avons indiqué dans les cellules du corps muqueux de Malpighi. Si alors la substance de la cellule n'est pas trop solidifiée, le noyau change de place; il peut venir s'appliquer contre la membrane cellulaire ou même sortir de la cellule (Prenant). Pendant la caryocinèse, le noyau est encore nettement isolé par la rupture des filaments radiaires qui convergent vers de nouveaux centres de radiations. De même l'enveloppe cellulaire peut s'isoler des filaments qui se brisent à son niveau (chorion ovulaire).

8° Si l'on traite la cellule par le carmin acide, l'hématoxyline, la safranine ou le vert de méthyle, etc., lorsque le réseau central est bien délimité, massé, le noyau se colore d'une façon intense et se distingue nettement du reste de la cellule; mais quand le réseau est pour ainsi dire disséminé dans la cellule, la coloration de celle-ci est presque uniforme et moins prononcée que précédemment (Henneguy et Van Beneden); ce sont les plus grosses mailles et les nœuds (nucléoles) du réseau et, lors de la caryocinèse, ce sont les anses ou les sphérules qui sont le plus fortement colorés; au contraire les fins fila-

ments du fuseau ou des stries radiaires sont faiblement teintés (p. 23, Waldeyer) (1) : c'est-à-dire que plus la substance contractile des disques est condensée, plus sa coloration est intense.

Si les disques se désagrégeaient en leurs molécules protoplasmiques, la coloration de la cellule serait à peine sensible. Ainsi, le nitrate d'argent, employé selon la méthode de Jakimovitch (p. 149), fixe bien les disques des fibrilles nerveuses lorsqu'il les saisit en pleine activité ; alors la cellule nerveuse est fortement colorée au niveau des disques conservés, très faiblement au niveau où les molécules protoplasmiques, atteintes trop tard, notamment dans le noyau, se sont disséminées. Au contraire, si l'on emploie simplement le picrocarminate d'ammoniaque, qui n'a point l'action fixatrice du nitrate d'argent ni non plus son action destructive sur la vitalité des tissus, la coloration d'une cellule cylindraxile, par exemple, est très vive au niveau du noyau et du cylindre-axe où les éléments contractiles sont le plus massés, mais elle est presque nulle dans le reste de la cellule qui est devenu granuleux.

Au reste, on peut voir, pendant la caryocinèse, que les anses sont formées de fins filaments, lorsque, par exemple, les anses sœurs se séparent pour gagner les pôles du fuseau ; alors elles tiennent les unes aux autres encore un certain temps par de fins filaments (*fig.* 140) qui s'étirent et finissent par se rompre. Et, avant ce stade, lorsque la membrane nucléaire n'est pas détruite, que les anses n'ont pas encore constitué la plaque équatoriale, on peut voir, chez le *Spirogyra polytaeniata,*

(1) Plus bas Waldeyer dit que les filaments du fuseau se distinguent des filaments chromatiques en ce fait qu'ils ressortent davantage par l'action des acides dilués. Cependant il dit (p. 12), que les acides étendus font apparaître plus nettement le réseau et les nucléoles.

ces anses réunies encore à la membrane nucléaire par quelques filaments grêles (Strasburger) p. 35, Waldeyer.

9° Lorsque les anses réflexes accolées à la périphérie forment l'enveloppe ou font corps avec elle, il est évident que leur contraction, produite par le rapprochement des disques, donnera lieu à un mouvement ondulatoire (anses successives) plus ou moins étendu et profond de la surface de la cellule. Toute cellule libre offre, en effet, des mouvements amiboïdes consistant en mouvements alternatifs d'allongement et de contraction se propageant comme des ondes à la surface de la cellule.

Quand les filaments, isolés, forment des cils ou des pseudopodes, ils agissent plus ou moins séparément. Ils peuvent alors enlacer les corps étrangers extérieurs et constituer ainsi des vacuoles contractiles qui portent ces corps jusque dans la masse centrale du corps cellulaire.

Certains filaments peuvent ainsi se développer davantage que les autres et donner lieu à des différenciations d'organes. Ainsi, l'enveloppe du *Peridinium tripus* laisse échapper seulement, au niveau de l'équateur de l'animal, un long filament flagellum et des cils vibratiles. Chez tous les infusoires, on rencontre un ou plusieurs de ces longs filaments ou des cils, ou encore des flagellums et des cils; le plus grand nombre des filaments ne traversent pas, le plus souvent, la membrane enveloppante (on les voit bien dans le *Noctiluca miliaris*), mais différencient encore cependant la cellule en parties distinctes.

Enfin, on constate parfois la contraction successive et continue de tous les filaments cellulaires; la cellule est alors pour ainsi dire tétanisée. Nous avons noté l'observation de Stricker sur la contraction des globules blancs de la grenouille. Le *Protomyxa aurantiaca* présente le même phénomène « au repos » et au moment où il va se multiplier. De même l'*Acti-*

nosphaerium Eichornii, au moment de se multiplier, rétracte ses pseudopodes et devient globuleux.

10° Le noyau cellulaire étant formé par des « centres de radiations » secondaires, nœuds ou nucléoles, et la cellule n'étant qu'un ensemble de filaments radiaires, chaque centre secondaire du noyau peut devenir, en s'isolant, le point de départ d'un nouveau « centre de radiations », d'une nouvelle cellule.

La constitution de la cellule doit donc amener fatalement la multiplication de cette cellule, et c'est du noyau que partira toute nouvelle cellule. La caryocinèse montre le bien fondé de cette déduction.

Si le réseau nucléaire est très étendu, c'est-à-dire si les centres secondaires sont disséminés dans la cellule, les filaments des centres secondaires, plus massés, résistent davantage à l'action polarisante des centres nucléaires secondaires qui tendent à s'isoler; aussi plusieurs centres nucléaires secondaires pourront s'isoler en même temps et donner lieu à un certain nombre de cellules. Ainsi, le *Collosphaera Huxleyii* se fragmente en ses nombreux nucléoles enveloppés chacun d'une capsule. Le *Protomyxa aurantiaca,* après avoir concentré ses filaments dans un réseau central, se segmente en plusieurs « centres de radiations ». La cellule ovulaire mâle de la grenouille semble se comporter de la même façon : elle se fragmente en une certaine quantité de nucléoles qui constitueront les spermatozoïdes (Duval).

Mais si les filaments radiaires sont fort longs, par rapport au noyau, et très délicats, ils subiront facilement l'action polarisante des centres secondaires qui tendent à s'isoler. Aussi les filaments du premier centre secondaire qui tendra à s'isoler agiront sur les autres filaments qui se rompront au niveau de leurs anciens points d'attache et convergeront vers le nou-

veau centre. Les filaments radiaires rompus, ce sont les anciens « centres de radiations » détruits; et alors les parties les plus fines d'abord, celles du corps de la cellule, puis celles du noyau, seront polarisées par le nouveau « centre de radiations ». On comprend aussi que plus le centre secondaire sera éloigné du centre du noyau, plus facilement il s'isolera; car c'est évidemment au centre du noyau que les anses sont le plus agglomérées, que les centres secondaires sont le plus massés. C'est donc à la périphérie du noyau que tendront à s'isoler les nouveaux centres radiaires.

Examinons maintenant ce qui doit se passer lorsqu'un « centre de radiations » tend à s'isoler.

Un certain nombre de filaments radiaires, correspondant à ce centre, constitueront une sorte de long cône dont la base sera dans la membrane cellulaire, à la périphérie, et le sommet en un point du pourtour du noyau. Ce cône de filaments fera mouvoir la cellule, à la périphérie, dans l'étendue de sa base, et, au centre, autour de son sommet. Son action dominante tendra donc à limiter les mouvements cellulaires autour de son sommet O (*fig.* 114).

Les filaments radiaires voisins seront donc portés vers le centre O. Ils éprouveront une sorte de mouvement de torsion d'autant plus accentué qu'ils seront plus éloignés du cône polarisant. Ils se briseront donc au niveau du noyau et au niveau de la membrane cellulaire, et convergeront vers le sommet du cône (*fig.* 115).

Du côté du noyau, un phénomène analogue se passera en même temps.

Tout d'abord les filaments correspondant au sommet O formeront un second cône opposé au premier, dont le sommet s'appuiera sur le sommet de celui-ci, et dont les extrémités divergentes s'enfonceront dans le noyau (*fig.* 116).

Ces extrémités, fonctionnant successivement, dans une étendue limitée, détermineront la formation d'un nouveau cône s'appuyant également en un point du pourtour du noyau où les centres secondaires peuvent plus facilement s'isoler; ce cône se formera d'autant plus facilement qu'en son sommet pourra se former un centre de filaments cellulaires analogue au premier (*fig.* 117 et *fig.* 118). Ce dernier centre peut être appelé « conjugué » du premier cône polarisant.

Ainsi le cône polarisant formera, dans le noyau, successivement deux cônes opposés par leurs bases, dont le premier correspondra à son sommet, et le second déterminera l'apparition d'un second centre radiaire « conjugué » du premier centre radiaire polarisant.

Si le centre radiaire conjugué n'est pas à l'antipode du premier, il viendra forcément se mettre dans la direction de celui-ci (force centrifuge) (*fig.* 119).

La cellule, à ce moment, présentera donc deux cônes polarisants placés chacun à un pôle du noyau, et, entre eux, un fuseau résultant de l'union des extrémités des petits cônes du noyau (*fig.* 120).

Maintenant les filaments radiaires de la cellule, que nous avons indiqués convergeant vers le sommet du premier cône polarisant, se partageront donc entre les deux cônes polarisants (*fig.* 122).

Quant au noyau, on voit qu'il est parfaitement isolé par la brisure des filaments cellulaires, et qu'il ne tient plus à la cellule que par les filaments des cônes.

La contraction des filaments radiaires agissant sur le centre O, celui-ci se rapprochera de A B (*fig.* 123); car d'un côté les actions des anses M O X et A O X s'équilibrent, et A O B étant plus long que la moitié du fuseau qui lui correspond, son action surpassera celle du petit cône nucléaire *a O b*. Les

« centres de radiations » O et O' tendront donc à s'éloigner du noyau. Le fuseau s'allongera en même temps (*fig.* 124).

On voit ainsi que deux cellules nouvelles, ou deux nouveaux centres de radiations s'isolent parfaitement par polarisation des filaments cellulaires.

Voyons maintenant comment sont polarisés les filaments brisés qui se trouvent dans le noyau.

Le réseau nucléaire subit l'influence des courants du fuseau; ses filaments se massent en quelques anses dont le nombre est proportionnel à celui des branches du fuseau, et se rangent forcément à leur équateur et perpendiculairement à elles; en effet *a b* (*fig.* 125) tend à se mettre à la fois dans la direction de *m n* et de *m' n'* (1). Les anses formeront donc tout d'abord, à l'équateur du fuseau, une sorte de couronne (*fig.* 126).

Si nous considérons alors une des anses *a b* ((*fig.* 127) (1°), rangées en couronne autour de l'équateur du fuseau, nous voyons qu'elle tendra à être parcourue alternativement par deux mouvements de sens contraires provoqués par les courants alternatifs de sens contraire du fuseau, *n m* et *n' m'*. Quand le courant *n m* passe, le mouvement tend à parcourir l'anse de *b* en *a;* quand *n' m'* passe, le mouvement tend à parcourir l'anse de *a* en *b*. Comme les grosses anses ne sont formées que par l'agglomération d'anses plus fines, elles se partageront facilement en deux parties parcourues par des courants de sens contraires *a b* et *a' b'*.

Puis les deux parties absolument égales de l'anse première,

---

(1) Il est probable que chaque filament, malgré sa ténuité, correspond à une branche d'une anse qui finit ou commence et à une branche d'une autre anse qui commence ou finit (*fig.* 121); car les filaments seraient peut-être trop éloignés pour établir la continuité des anses. Quoi qu'il en soit, du reste, le résultat est le même. Aussi pour mieux faire comprendre la division des anses ou la métacinèse, nous considérerons les filaments comme correspondant chacun à une seule branche.

les deux anses sœurs, pivoteront autour de leurs extrémités (force centrifuge), et se mettront dans le prolongement l'une de l'autre et parallèlement au fuseau (*fig.* 127 et 128).

Alors chaque anse sœur sera tournée vers un des pôles du fuseau et gagnera, comme les autres filaments, le centre de radiation nouveau (*fig.* 129).

Et ainsi les filaments du réseau central seront polarisés comme les filaments du corps cellulaire; et les deux centres de radiations nouveaux (dont l'un est conjugué de l'autre) se seront partagé tous les filaments de la cellule première, formeront deux centres radiaires parfaitement distincts, deux nouvelles cellules rattachées encore par les filaments du fuseau qui, par les mouvements de ces cellules sœurs, ne tarderont pas à se rompre.

Que devient l'enveloppe cellulaire? Si elle est mince, il est évident qu'elle doit s'affaisser à l'équateur au niveau où les filaments de chaque cellule sœur se séparent; elle doit donc suivre la division du noyau (à moins qu'elle ne disparaisse tout à fait comme l'enveloppe nucléaire), et les filaments cellulaires doivent venir à nouveau s'appliquer sur elle. Si elle est épaisse et résistante (la cellule étant volumineuse), comme celle de la cellule ovulaire femelle, les deux cellules sœurs conserveront commune l'enveloppe de la cellule mère. Mais il est à remarquer alors que l'une des cellules sœurs, celle qui correspond au premier cône polarisant, reste attachée à l'enveloppe par la base de ce cône; elle forme l'enveloppe à ce niveau : *elle a donc sur l'extérieur une porte dans le chorion maternel.* Aussi ses propres mouvements et ceux de sa cellule sœur qui la refoulent devront lui faire quitter le chorion ovulaire, et il ne restera plus dans l'œuf que la cellule conjuguée. Cette cellule, au niveau de l'ouverture laissée par sa cellule sœur, viendra appliquer quelques-uns de ses filaments radiaires, et, quand

elle se divisera, de nouveau une cellule fille pourra s'échapper. Et ainsi la cellule ovulaire qui, comme toutes les cellules, tend à se multiplier en raison de sa structure, perdra successivement toutes ses nouvelles cellules, jusqu'à ce que l'ouverture laissée par la sortie de la première cellule polaire soit obturée. Alors, les cellules de nouvelle formation, demeurant enfermées dans le chorion maternel, pourront s'associer pour former un être plus ou moins complexe.

La segmentation cellulaire théorique que nous venons de déduire de la structure même de la cellule s'accorde bien avec les figures que l'on observe lors de la caryocinèse.

On voit d'abord les filaments cellulaires converger vers le noyau. Autour de celui-ci est un espace clair dû probablement à la grande réfringence des filaments massés à ce niveau. C'est ainsi que le cylindre-axe perd son aspect fibrillaire au moment où il pénètre dans la cellule en constituant le prolongement de Deiters. Peut-être ces filaments sont-ils déjà rompus. Puis on les voit converger peu à peu vers les deux pôles du noyau (*fig.* 131).

Les centres radiaires nouveaux s'écartent alors du noyau avec les filaments cellulaires qu'ils se sont partagés (*fig.* 132 et 133).

Le cône polarisant a été indiqué par Van Beneden, sous le nom de « cône antipode ». Le cercle de base de ce cône (p. 39, Waldeyer), qui se trouve dans la membrane cellulaire, a été appelé par le même auteur « cercle polaire » (*fig.* 139).

Ce même cercle polaire constitue, dans les figures théoriques, un orifice situé dans la membrane d'enveloppe, orifice par lequel une des cellules de segmentation peut sortir : c'est également le micropyle de Van Beneden (p. 95, Waldeyer); un peu avant Beneden, Hoffmann (1881-1883) avait indiqué chez le *Scorpæna* qu'une des extrémités du fuseau se trouve à l'ouverture interne du micropyle (p. 431, Henneguy).

Comme les cônes polarisants ou antipodes se trouvent au milieu des filaments radiaires de la cellule, on comprend qu'ils puissent échapper à l'observation. C'est probablement pour cette raison qu'on n'a pas signalé le micropyle, qui correspond au premier cône polarisant, dans l'œuf de mammifères dont le développement est bien difficile à suivre pratiquement. Mais comme chez ces animaux, l'œuf n'est fécondé que par un spermatozoïde, et que les stries de la membrane ovulaire ne constituent pas des orifices assez larges pour laisser passer le spermatozoïde, il y a lieu de supposer que les œufs des mammifères présentent aussi un micropyle par lequel pénètre le spermatozoïde ;

Le fuseau théorique, provenant de deux cônes nucléaires ayant leurs sommets opposés aux sommets des cônes antipodes, correspond bien au fuseau des figures caryocinétiques. Van Beneden, Henser, Platner, Strasburger ont constaté deux cônes nucléaires séparés, qui, par l'union de leurs filaments divergents, formaient le fuseau (p. 34, Waldeyer).

Comme dans les figures théoriques, c'est le fuseau qui polarise le réseau nucléaire dans les figures caryocinétiques ; ici, comme dans les figures théoriques, les anses forment à l'équateur du fuseau une couronne (plaque équatoriale, stade de l'étoile mère (*fig.* 133 et 138); puis elles se partagent en deux (Flemming), et les deux moitiés, pivotant autour de leurs extrémités (*fig.* 134), s'allongent le long du fuseau pour gagner enfin les pôles du fuseau ou les deux centres radiaires opposés. Van Beneden fait monter les anses aux pôles par traction des filaments du fuseau qui s'attacheraient aux anses. Mais on peut voir d'après les figures de Henneguy reproduites par Gilis, que le fuseau demeure intact. Il ne fait que s'allonger (*fig.* 135, 136, 140).

En ce qui concerne les mouvements qui parcourent les anses

rangées en couronne à l'équateur du fuseau, nous pouvons indiquer les mouvements alternatifs de contraction et de dilatation de l'étoile mère signalée par les auteurs (p. 139, Gilis).

Comme dans les figures théoriques, le fuseau s'allonge, étiré par les centres radiaires, et finit par se rompre ; deux nouvelles cellules, deux nouveaux centres radiaires sont formés (*fig.* 136 et 137).

L'enveloppe cellulaire s'affaisse, s'étrangle, se partage entre les nouvelles cellules quand elle est très mince. Mais dans les cellules ovulaires, très épaisse, elle ne cède point; elle forme une véritable poche aux cellules sœurs. Cependant, une des cellules sœurs s'échappe par le hile et constitue ce qu'on appelle le corpuscule polaire. On a reconnu, en effet, une division caryocinétique de l'œuf lors de l'expulsion des corpuscules polaires dont la signification a échappé longtemps aux auteurs (p. 87 et 88, Waldeyer). Et cette division, étant donné son mécanisme, ne doit point fournir de produits inégaux (corpuscule polaire, ou cellule polaire, plus petits que la cellule demeurée dans l'œuf) comme le dit Waldeyer (p. 87). Du reste, lors de l'expulsion des corpuscules polaires dans l'*Ascaris megalocephala,* Van Beneden indique que sur les *huit* sphérules de chromatine, dérivant du réseau, *quatre* sont expulsées pour former le premier corpuscule polaire (p. 89, Waldeyer), puis « la formation d'un second corpuscule polaire encore avec deux groupes de sphérules chromatiques qui se divisent de nouveau, de telle façon qu'une *moitié des sphérules de chaque groupe* passe dans le second corpuscule polaire, l'autre moitié dans le pronucleus femelle (Eikern de O. Hertwig) qui reste dans l'œuf » (p. 90).

Lorsque la cellule polaire (corpuscule polaire) est expulsée, la cellule qui demeure dans l'œuf (cellule conjuguée) vient appliquer quelques-uns de ses filaments à l'ouverture micropy-

laire : c'est la formation d'un nouveau cône antipode, une division cellulaire nouvelle et l'expulsion d'un nouveau corpuscule polaire. Ainsi, la cellule ovulaire se multiplie comme les autres cellules; mais, ses produits de multiplication étant expulsés, elle avorte; l'individu complexe qu'elle doit former par l'association des cellules nouvelles ne peut se créer. Mais que le micropyle vienne à s'obturer, alors les cellules sœurs restent emprisonnées dans l'enveloppe ovulaire, et l'embryon se développera. *Réduit à ce simple mécanisme, on voit que le développement embryonnaire ne sort pas des lois ordinaires de la caryocinèse, et que la fécondation ou la pénétration d'un spermatozoïde dans l'œuf n'est pas une condition indispensable au développement de l'œuf.* Le fait est, du reste, indiscutablement démontré par la parthénogenèse, signalée chez plusieurs crustacés par Weismann et Ischikava. Probablement, dans ce cas, l'expulsion des cellules polaires (corpuscules polaires) détermine la formation d'une enveloppe nouvelle qui ferme le micropyle. C'est ce qui a lieu lors de la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf. L'apparition du spermatozoïde dans l'ovule amène la formation de couches d'un liquide périvitellin au-dessous du chorion (Van Beneden, Fol, Hertwig; p. 80, 98, Waldeyer). Dans les œufs de poissons, en même temps que le spermatozoïde, pénètre une certaine quantité d'eau qui s'étale en une couche plus ou moins épaisse, sous le chorion ovulaire, et brise les attaches de la cellule avec le micropyle (p. 439, 420, Henneguy).

Le spermatozoïde devient ainsi simplement la cause de l'obturation du micropyle et perd sa signification mystérieuse fécondante. Quant au processus qui consiste en la conjugaison de la cellule spermatique et de la cellule ovulaire femelle, il n'est plus qu'un épiphénomène n'ayant d'importance qu'au point de vue héréditaire.

Pourquoi alors, si le spermatozoïde n'a par lui-même aucune propriété fécondante, ne peut-il provoquer le développement que d'un ovule de son espèce? C'est que très probablement, comme le fait remarquer Waldeyer (p. 80), la forme du spermatozoïde, qui diffère pour chaque espèce, s'oppose à la pénétration du spermatozoïde d'une espèce dans l'ovule d'une autre espèce. Waldeyer émet du reste cette assertion que « l'on pourrait se servir avec avantage de la forme des spermatozoïdes pour déterminer et fixer les espèces » (p. 80).

En résumé, la notion de l'anse réflexe nous amène à considérer l'être le plus simple, monocellulaire, comme devant être constitué par un centre d'axes réflexes, et pouvant, par conséquent, nous montrer l'anse réflexe entière avec sa forme caractéristique.

Or cette structure de la cellule est indiquée :

1° Par des filaments très fins convergeant de la périphérie vers le noyau; ces filaments sont plus nets et plus directs lors de la caryocinèse;

2° Par la continuation de ces filaments dans le noyau, à l'état de « repos » (Fromman, Leydig, Van Beneden, Prenant) et lors de la caryocinèse (filaments du fuseau); continuation indiquée encore par les observations de Stricker sur la rétraction des globules blancs dans leur noyau, rétraction analogue à celle du *Protomyxa aurantiaca* et des Radiolaires; indiquée encore par la diffusion du noyau dans le corps de la cellule et sa concentration après des segmentations successives (Henneguy et Van Beneden);

3° Par la disposition en anse des filaments dans leur noyau, disposition remarquable même à l'état de « repos » (Rabl), indiquée par un réseau à mailles arrondies, plus ou moins volumineuses selon le nombre des filaments massés qui les constituent, et à nœuds (nucléoles) correspondant à des cen-

tres secondaires d'anses réflexes; rendue nette parfois par la réunion des anses en quelques figures seulement lors de la polarisation du noyau par le fuseau (la forme en boule ou en bâtonnet résulterait de l'agglomération de la substance des filaments brisés, ou de l'accolement des branches rompues des anses);

4° Par la structure des filaments en disques épais, séparés par des disques clairs (Balbiani, Pfitzner, Strasburger, Flemming, Van Beneden, etc.) (1) dont le rapprochement constitue la contraction des filaments;

5° Par la segmentation de la cellule qui s'explique par l'isolement de centres secondaires d'anses réflexes.

---

(1) La structure filamenteuse de la cellule est difficile à fixer, nous l'avons déjà dit. Elle échappe souvent à l'observation, même lors de la division cellulaire qui, dans l'espèce, est appelée amitosique ou directe et est expliquée par le vieux schéma de Robin et de Rémak, par un simple étranglement du noyau et de la cellule.

Mais outre que cet étranglement nucléaire n'est guère une explication par lui-même et ne pourrait le devenir que par la notion d'un arrangement particulier des éléments du noyau et de la cellule, il est bien peu de cellules, on peut même dire il n'est pas de cellules qui n'aient montré parfois des figures caryocinétiques.

Les mêmes cellules qui présentent des figures caryocinétiques, suivant un mode de préparation, n'en présentent plus suivant un autre; ou bien, dans un même tissu, on peut voir des cellules à division directe ou amitosique et des cellules à division indirecte ou mitosique. C'est ainsi que Stattler et Waldeyer ont obtenu, sous l'influence du crayon de nitrate d'argent, des divisions directes dans la cornée de la grenouille et, avec un autre procédé, des divisions indirectes (p. 42). Carnoy a trouvé la division directe à côté de la division indirecte dans les tissus les plus divers des arthropodes (p. 46, Waldeyer). Arnold vit une fragmentation directe ou indirecte chez les cellules lymphoïdes et les cellules géantes de la moelle des os (p. 52, Waldeyer). Ou encore « parmi les sphères de segmentation de l'*Ascaris megalocephala*, on en rencontre toujours un petit nombre qui permettent de reconnaître nettement, dans la division, les anses de chromatine, tandis que, dans la plupart des autres cellules, elles ne sont pas faciles à distinguer et que la chromatine se montre sous la forme de nombreux corpuscules dans la division » (p. 47, Waldeyer).

On peut donc croire avec raison que, suivant le mode de préparation ou l'état des cellules, la structure filamenteuse, commune à toutes les cellules, apparaît, est altérée ou bien est complètement masquée.

EXPLICATION DES FIGURES

CHAPITRE IV (3)

Planche X

Fig. 130 à 137.
Phases successives de la division d'une cellule du germe de la truite, d'après Henneguy (reproduites par P. Gilis).

Fig. 138 (Waldeyer).
Rassemblement des anses à l'équateur du fuseau, et commencement de la division longitudinale.

Fig. 139.
Œuf de l'*Ascaris megalocephala* au stade de la plaque équatoriale (E. Van Beneden), fig. demi-schématique.
cp cercle polaire.
ca cône antipode.

Fig. 140.
fr filaments réunissants de Van Beneden.

CONCLUSIONS

Nous rassemblerons, sous la forme des propositions suivantes, les principales conclusions de notre travail :

1° Les individualités du système nerveux, correspondant à des impressions périphériques locales distinctes, sont constituées par les individualités des cellules épithéliales périphériques fusionnées avec les individualités des cellules épithéliales sous-jacentes et contiguës, et prolongées sous le nom de nerfs sensibles, jusqu'au canal vertébral.

2° Comme les premiers développements embryonnaires le font prévoir, ces individualités épithéliales prolongées traversent le canal vertébral pour retourner à la périphérie sous le nom de nerfs moteurs.

3° Leur partie intra-vertébrale constitue, avec un système spécial de fibres d'association, les centres nerveux. Les modifications de forme et de volume des centres et du canal vertébral sont dues au développement exagéré de cette partie intravertébrale qui affecte la forme d'un croissant.

4° Les individualités épithéliales, retournées à la périphérie sous le nom de nerfs moteurs, constituent les muscles en s'enroulant sur elles-mêmes sous forme de fuseaux massés les uns contre les autres. Cette disposition est démontrée par le partage anatomique et physiologique des fibrilles musculaires entre les individualités nerveuses, et par la structure et le fonc-

tionnement semblables des fibrilles musculaires et nerveuses. Les muscles sont donc simplement des multiplicateurs organiques et physiologiques des individualités nerveuses ou des individualités épithéliales périphériques prolongées.

5° La continuité du mouvement parcourant l'individualité épithéliale prolongée, avec le mouvement extérieur qui établit du reste cette individualité elle-même; la limitation du mouvement dans l'individualité nerveuse, produite par la rupture de cette continuité, grâce à l'intensité que le mouvement acquiert, à un moment donné, au moyen de l'enroulement musculaire; la variété des individualités nerveuses suivant celles des mouvements extérieurs, indiquent que les individualités nerveuses sont des mouvements extérieurs enregistrés. Cette proposition d'ailleurs est confirmée par ses corollaires.

6° Le mouvement extérieur, qui s'enregistre dans le protoplasma, acquiert, grâce à l'enroulement musculaire, une intensité telle qu'il déplace la surface sur laquelle il agit et qu'il se trouve ainsi transporté sur un autre point de cette surface. *A priori* donc le mouvement extérieur enregistré, ou l'individualité nerveuse ou sensible, doit revenir à la surface pour se continuer au nouveau point périphérique d'application du mouvement extérieur. Ce retour de l'individualité sensible est nécessaire physiologiquement, car les individualités qui se succèdent ne sauraient le faire qu'au niveau où elles commencent; or toutes les individualités commencent à la surface. Enfin ce retour est prouvé expérimentalement par la physiologie (compas de Weber, « angle tactile ») et par l'anatomie (structure de l'être monocellulaire).

Les individualités sensibles constituent donc des anses réflexes physio-psychiques, ce dernier terme indiquant leur objectivité (physique) et leur subjectivité (psychique).

7° Plusieurs anses réflexes à la suite les unes des autres, et

correspondant à un même mouvement extérieur, à la même sensibilité, forment un tout sans dimension subjective. Pour constituer des individualités, c'est-à-dire des parties distinctes, il faut que ces anses réflexes affectent entre elles des rapports de continuité différents, il faut, en somme, que le mouvement enregistré se fragmente en parties ayant des rapports différents. Ainsi, suivant six rapports différents, le mouvement physio-psychique, mouvement extérieur enregistré, constitue l'espace et le temps. Une surface tactile est ainsi constituée par un « quadrillé tactile » dont les petits côtés sont égaux subjectivement à l'unité et sont mesurés objectivement par un angle qui marque le point initial et le point terminal de l'individualité physio-psychique et qu'on peut appeler « angle tactile » (1).

Cet angle tactile peut correspondre à un certain nombre d'anses réflexes fonctionnant parallèlement ou ayant les mêmes rapports, ou se succédant suivant un seul rapport : il est donc essentiellement variable, et plus la portion de surface qui touche à un même moment est petite, plus l'angle tactile de cette surface est petit. On peut dire encore que la richesse d'une surface tactile est en raison inverse de la grandeur de l'angle tactile de cette surface.

8° Les petits côtés du quadrillé tactile, représentant des directions primitives, par point du quadrillé tactile il doit y avoir au moins huit fibrilles correspondant à huit moitiés d'anses réflexes (4 antagonistes) qui constituent quatre muscles au moins affectés aux directions primitives.

9° Le quadrillé tactile ne peut être parcouru, à un même moment, que par un mouvement physio-psychique unique et

---

(1) Voir pour la profondeur, p. 104 et s.

résultante partant du point central de la surface et s'irradiant dans les directions primitives de cette surface. Les quadrillés tactiles associés donnent lieu également à un mouvement physio-psychique composé, unique et résultante.

10° Les différents mouvements physio-psychiques qui entrent dans la constitution de cette résultante peuvent induire les autres ou prendre la direction du processus général, ou, au contraire, être induits par les autres. Ils constituent l'attention ou la volonté. Ils peuvent se réduire dans différents points de la longueur de l'anse réflexe; aussi les mouvements induits sont-ils toujours plus ou moins réduits; ils le sont toujours, car ils ne sont pas alors en continuité avec les mouvements extérieurs. Les mouvements réduits constituent les pensées. Mais il ne faut pas voir derrière ce terme « pensée » une nature différente de celle de sensation puisqu'il s'agit toujours de mêmes mouvements physio-psychiques. La distinction entre pensée et sensation résidant, uniquement, au point de vue subjectif, dans un simple rapport de succession n'est pas fixe, et les pensées ou les mouvements réduits peuvent devenir sensations. Objectivement, cette distinction est précise; la sensation est le mouvement non réduit, la pensée, le mouvement réduit.

11° Les mouvements physio-psychiques étant des mouvements extérieurs enregistrés, ceux-ci ont, comme ceux-là, autant d'éléments spéciaux qu'ils sont eux-même spéciaux, et ces éléments sont de nature psychique. Les choses sont donc constituées par des éléments de même nature, psychiques, associés.

12° Les mouvements étant constitués par les éléments en action, c'est-à-dire passant d'une association dans une autre, traduisent les associations des éléments psychiques ou sont les agents de ces associations.

Donc, plus les associations des éléments psychiques seront complexes, plus les mouvements physio-psychiques le seront ou inversement; la complexité de la substance organique ou matérielle et celle des mouvements physio-psychiques étant ainsi absolument parallèles.

13° Dans un milieu homogène, les mouvements sont constitués par un simple échange d'éléments de molécule à molécule semblables. Si les molécules sont écartées, l'échange de leurs éléments aura pour résultat de rapprocher les molécules par groupes d'autant plus serrés que l'échange sera plus rapide ou intense. Tel est le phénomène qui se passe entre les molécules écartées du protoplasma et les molécules d'un gaz raréfié et traversé par un mouvement électrique.

14° Tous les mouvements peuvent être limités à des conducteurs spéciaux, peuvent être conduits : la meilleure preuve en est qu'ils le sont tous dans les anses réflexes.

15° Les mouvements conduits doivent se comporter entre eux de la même façon. Par conséquent, si l'on prend pour type le mouvement électrique, les lois d'induction si importantes qui régissent ces mouvements doivent s'appliquer aux mouvements physio-psychiques. Les phénomènes produits par l'excitation électrique des nerfs sont en effet des phénomènes d'induction.

16° Les mouvements conduits sont extrêmement rapides : le mouvement physio-psychique doit donc être excessivement rapide. L'angle tactile visuel nous permet, en effet, d'apprécier que la vitesse du mouvement lumineux dans le protoplasma est au moins aussi rapide que dans l'air.

17° Pour avoir le chiffre approximatif de la vitesse du mouvement nerveux, il faudrait multiplier le chiffre moyen de 35 mètres à la seconde, donné par l'expérimentation, par le nom-

bre des anses réflexes fonctionnant successivement. Du reste, il est évident que le nombre de 35 mètres à la seconde n'est nullement en rapport avec l'extrême vitesse des mouvements physio-psychiques.

18° Le conflit des éléments psychiques a pour résultat d'amener entre ces éléments un état d'association de plus en plus complexe et par conséquent une complexité croissante des mouvements physio-psychiques ou des substances organiques, et, en même temps, d'harmoniser ces mouvements en facilitant le jeu des mouvements violents ou en diminuant leur intensité, et en facilitant le jeu des mouvements faibles ou en leur donnant plus d'intensité : il semble donc que le but vers lequel tendent les associations psychiques soit l'unité dans la variété, formule qui serait celle de la perfection.

La complexité croissante des associations psychiques est indiquée par l'évolution des êtres. En effet, l'être le plus complexe est, à son début, l'être le plus simple, un être monocellulaire, un petit centre de mouvements physio-psychiques ; et ce centre, par l'effet simplement de sa structure, se multiplie continuellement et engendre progressivement un être de plus en plus complexe. Les anses réflexes du petit être primitif augmentent ainsi de nombre et de puissance, et leurs associations deviennent de plus en plus complexes. Et cette complexité de l'association des mouvements physio-psychiques, qui présente son maximum actuel chez l'homme, sur notre planète, s'accroît continuellement grâce au langage qui réunit les divers systèmes psychiques humains et multiplie ainsi leur puissance, grâce au langage, outil merveilleux de la science, qui fixe les associations psychiques nouvelles et en amène d'autres en morcelant par l'abstraction les mouvements psychiques et en facilitant ainsi par la multiplication de leurs rapports l'accroissement rapide de la complexité de leur association.

19° Les rapports des éléments psychiques entre eux ou l'association de ces éléments constitue la forme des éléments psychiques : comme les mouvements physio-psychiques traduisent ces rapports ou cette association, ils constituent eux-mêmes cette forme soit à l' « état statique ou d'équilibre », soit à l'état dynamique ou d'activité. Enfin les mouvements consistant en un échange d'éléments, la forme seule subsiste et se perfectionne : ce sont comme des courants établis par des molécules et cependant distincts de ces molécules.

20° Toute substance correspond à une forme psychique spéciale en rapport avec l'association de ses éléments, ou inversement toute forme psychique spéciale correspond à une substance organique spéciale.

C'est pourquoi, par exemple, dans un animal complexe, un élément cellulaire isolé, non spécialisé, et par conséquent pénétré par tous les principes organiques de cet animal, contient en puissance la forme psychique de l'individu auquel il appartient. C'est ainsi que doit s'expliquer la transmission des formes psychiques ou l'évolution des formes psychiques malgré la disparition des individus, le renouvellement des êtres n'étant qu'un renouvellement de matériaux pour la même forme qui évolue.

21° Tout système psychique a deux aspects (physio-psychique). La forme dite matérielle ou physique d'un animal est l'objectivité de sa forme psychique.

De là l'importance thérapeutique énorme de la suggestion. Mais cette importance de la suggestion ne porte nullement atteinte à la valeur de la thérapeutique médicamenteuse qui, elle aussi, a son domaine considérablement agrandi. En d'autres termes, agir sur un animal physiologiquement, c'est agir sur lui psychiquement et, inversement, agir sur le mê-

me animal psychiquement, c'est agir sur lui physiologiquement.

Vu : *le Doyen*,
A. PITRES.

Vu bon a imprimer :
Bordeaux, le 9 juillet 1892.
Le Président de la thèse,
Dr A. BOUCHARD.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 9 juillet 1892,
Le Recteur,
A. COUAT.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Ranvier. — Traité technique d'histologie, 1883.

Nuel. — Eléments de physiologie humaine (Frédéricq et Nuel, 2e partie, 1889).

A. Prenant. — Sur la morphologie des épithéliums : membrane épithéliale de Descemet. *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, 1886.

Henneguy. — Recherches sur le développement des poissons osseux. Embryogénie de la truite. *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, 1888.

Hoffmann. — Inr ontogenie der Knochenfische Verhandelingen. D. K. Akad. der Wetenschappen. Amsterdam, 1881-1883.

Von Kowalewski. — Uber die ersten Entwicklungsprocesse der Knoschenfische. Zur *Zeitsch. f. wies Zoologie*, XLIII, 1886.

Gavoy. — L'encéphale, planche C, fig. 3, 1886.

J. Jakimowitch. — Sur la structure du cylindre-axe et de la cellule nerveuse. *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, 1888.

Golgi. — Sulla fina anatomica degli organi centrali del sistema nervoso. *Riv. di fren. e di med. leg.*, fasc. 4, 1882, fasc. 1, 1883.

Huguenin. — Anatomie des centres nerveux. Traduction de Keller, 1879.

Charcot. — Leçons sur la localisation dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière, 1887.

Chauveau. — Arch. de phys. norm. et path., janvier et avril 1889.
De l'inervation partielle des muscles.

G. Sergi. — La psychologie physiologique. Traduction de Mouton, 1888.

A. Pitres. — Leçons cliniques sur l'hystérie, 1891.

Van Beneden. — Recherches sur la maturation de l'œuf, la fécondation et la division cellulaire. Gand, Leipzig et Paris, 1883. Arch. de biol., 1884.

Van Beneden et A. Veyt. — Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique de l'Ascaride mégalocéphale. Bull. de l'Acad. r. de Belgique, 3e série, t. XVI, n° 8.

Waldeyer. — De la Caryocinèse et de ses relations avec le processus de fécondation. Traduction de P. Garnault, 1889.

Gilis. — Kariokinèse. Thèse d'agrégation, Paris, 1886-1887.

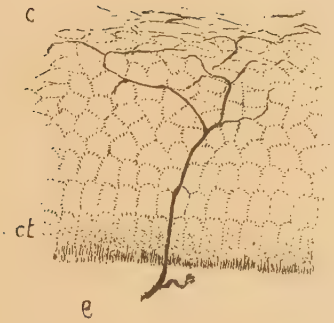
Stricker. — Remarques sur la genèse du noyau cellulaire. Mediz Jahrbüch von Stricker. Heff, I, p. 39, 1878. *Rev. d'Hayem*, 1878.

Rabl. — Uber Zelltheislungs. Morph. Jahrbruch. Bd X, p. 214.

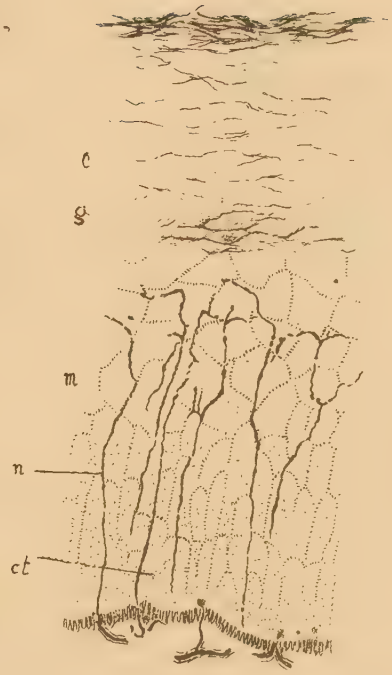
16,540. — Bordeaux, Ve Cadoret, impr., rue Montméjan, 17.

PL. I chap. 1

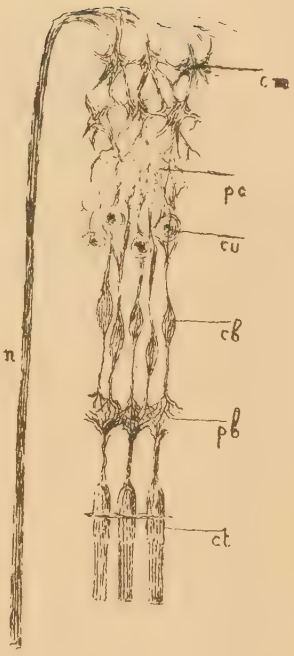
8

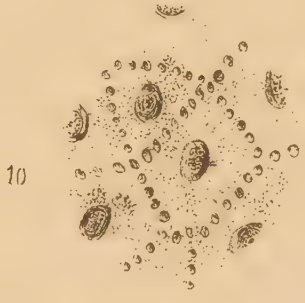


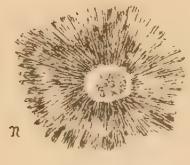
7



6

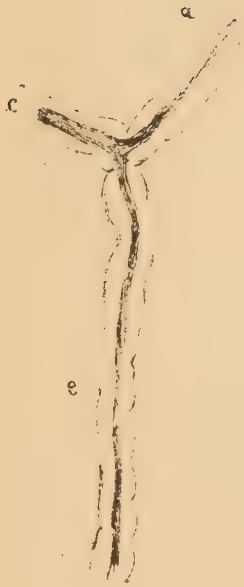






PL II chap I

15



14

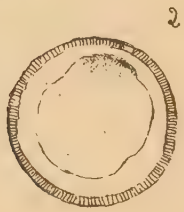
17

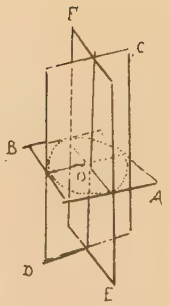
16

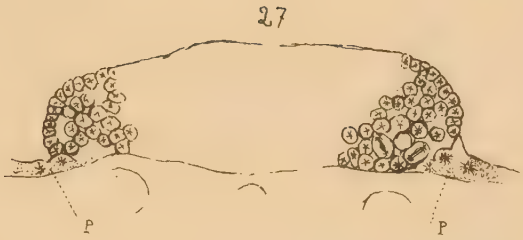
18

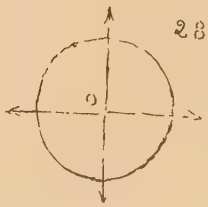
PL III chap 1

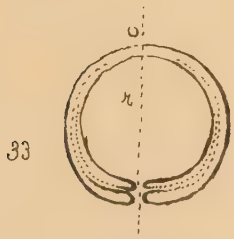
PL IV chap II 1

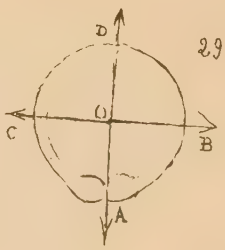


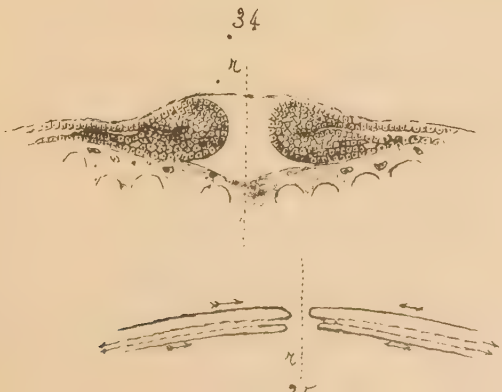


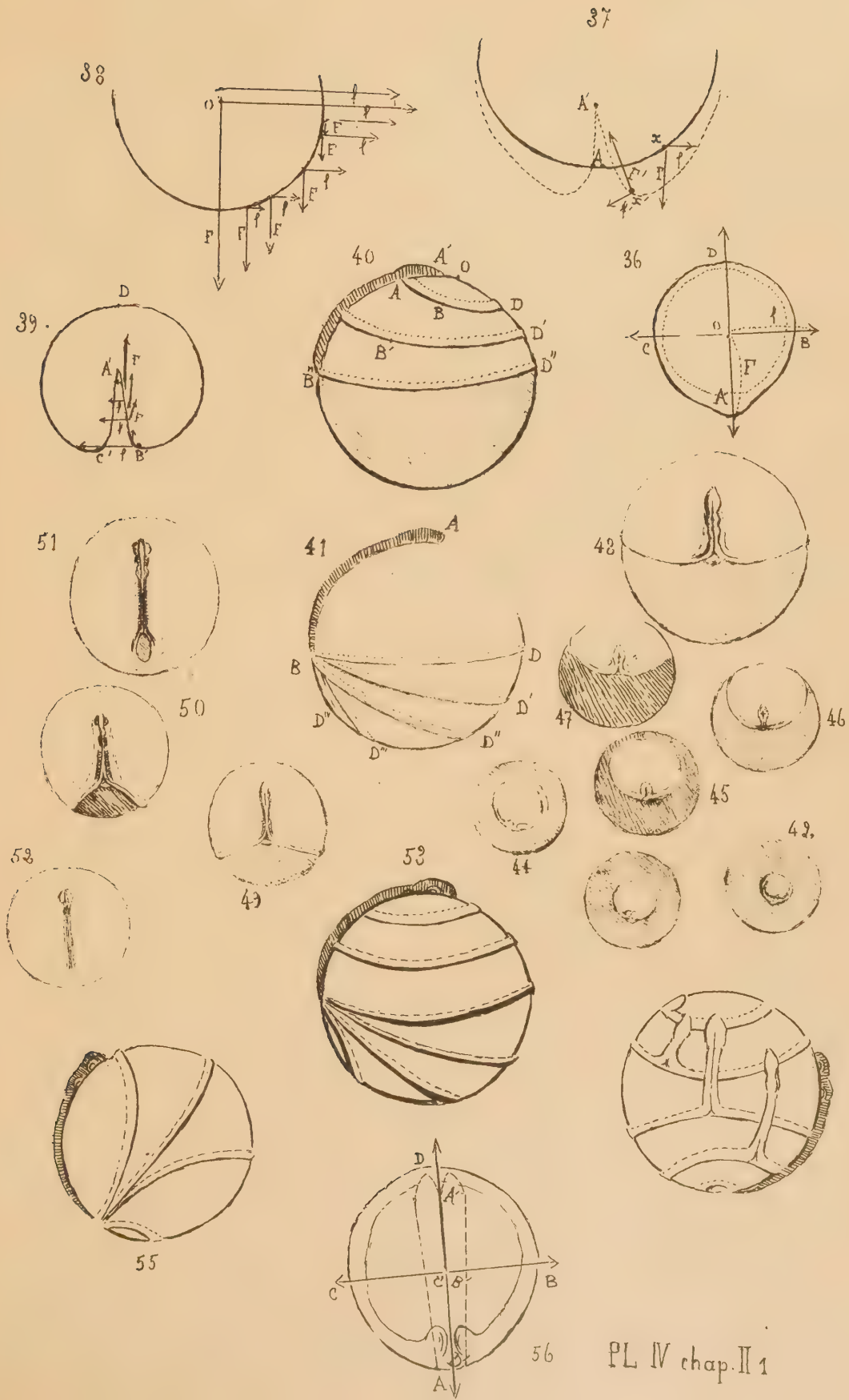


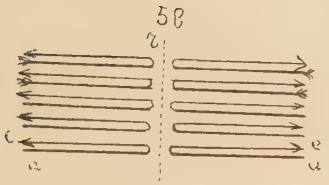




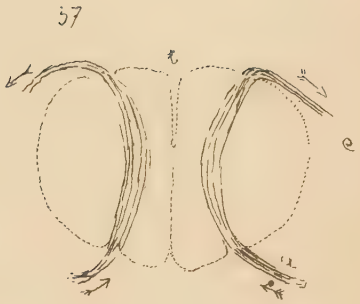




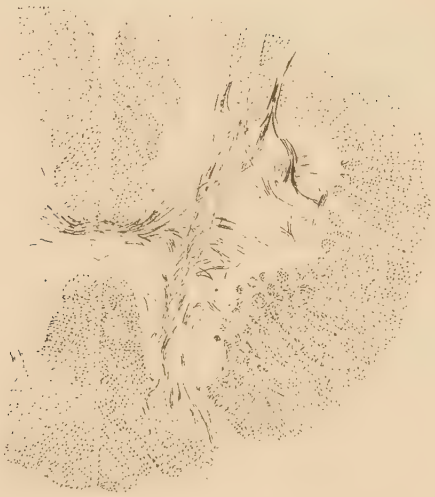

37
38
40
36
39
51
41
48
50
47
46
45
44
42
43
53
59
55
56
PL. IV chap. II 1



58



57



59

61.

60

63

65

64

62

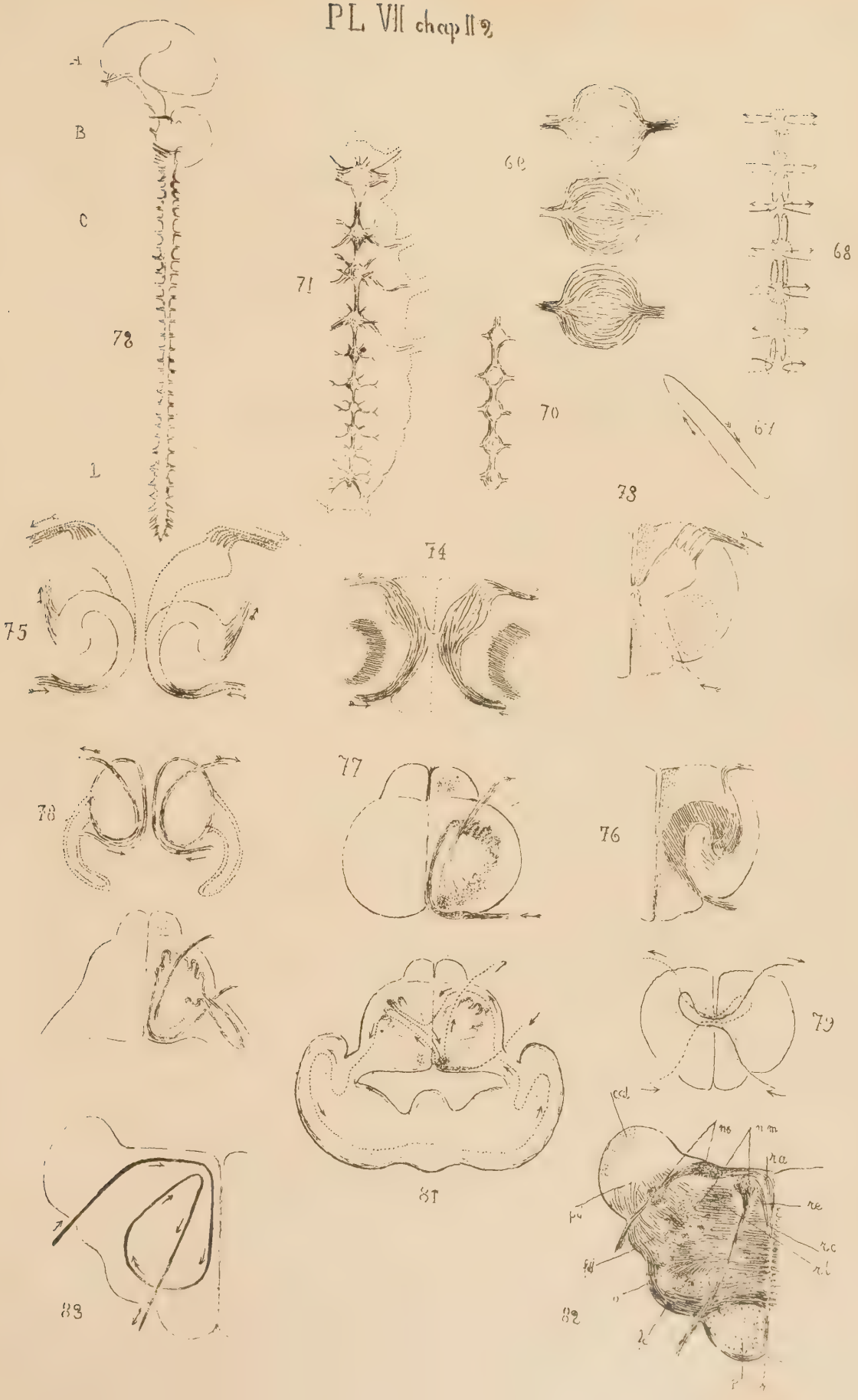
66

B

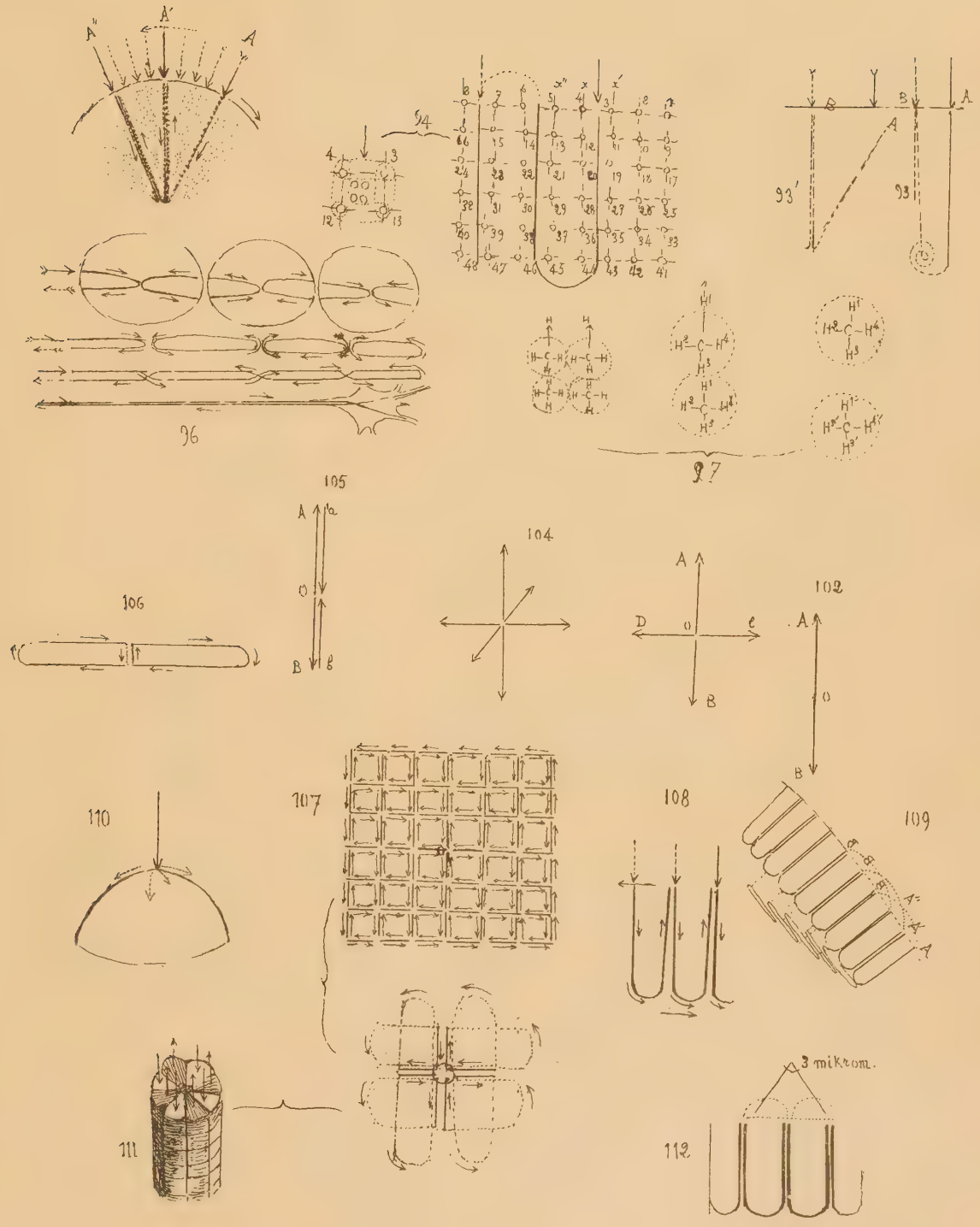
A

PL VI chap II 2

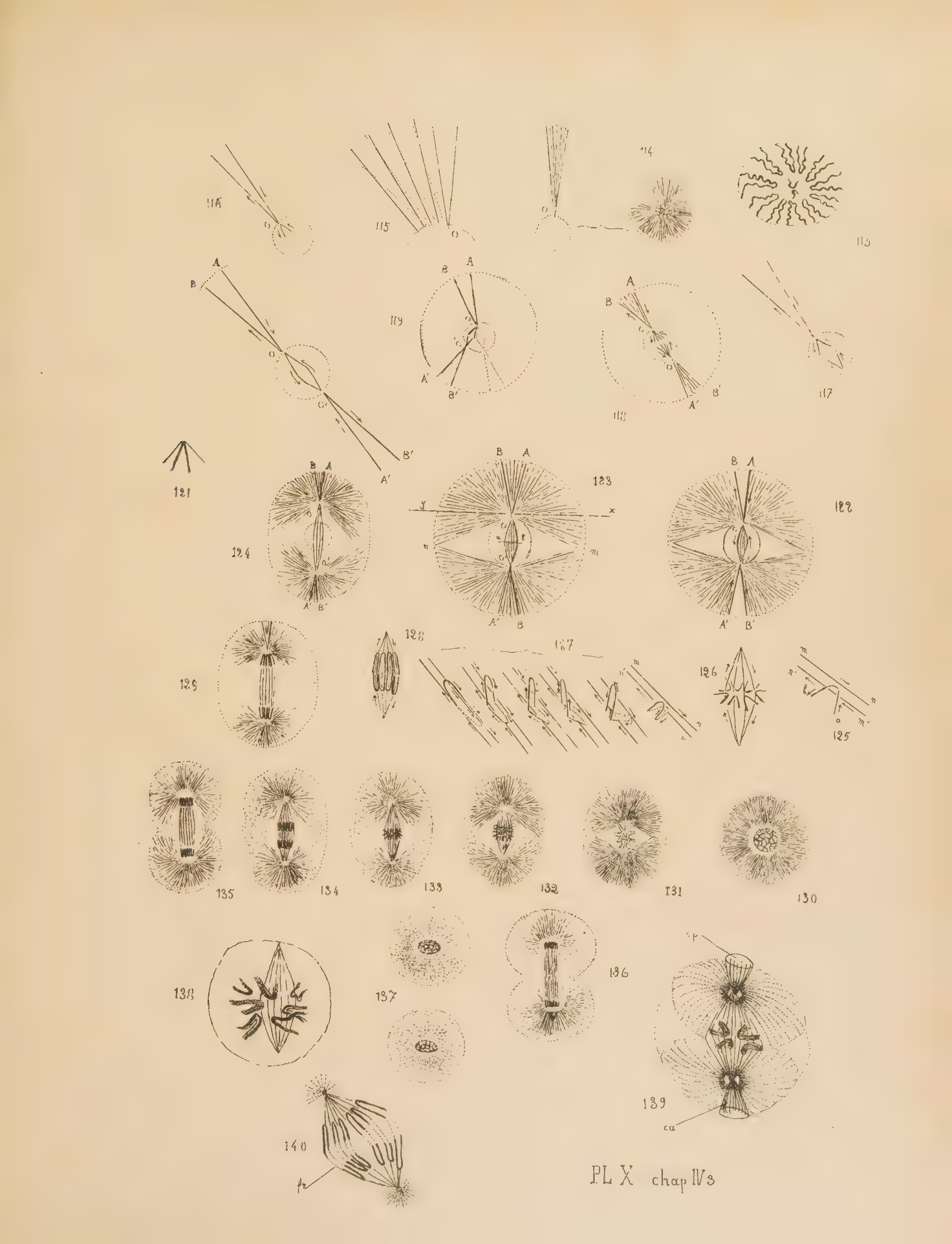
PL. VII chap II 2



PL VIII chap III



PL IX chapIV 1 et 2


116
115
114
113
A
B
O
119
118
117
121
124
123
122
A'
B'
m
n
x
y
129
128
127
126
125
135
134
133
132
131
130
138
137
136
139
140
pr
cu

PL X chap IV3